

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Matea Pokupić

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Darko Smoljan, dipl. ing.

Student:

Matea Pokupić

Zagreb, 2019.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru Doc. dr. sc. Darku Smoljanu, na njegovom stručnom vodstvu i pruženoj pomoći prilikom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem zaposlenicima tvrtke *Daikin* na pomoći oko projektiranja VRV sustava.

Matea Pokupić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Matea Pokupić**

Mat. br.: 0035200778

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt grijanja, hlađenja i ventilacije poslovne zgrade sustavom varijabilnog protoka radne tvari**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating, cooling and ventilation system with variable refrigerant volume for an office building**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati sustav grijanja, hlađenja i ventilacije za poslovnu zgradu s uredima, korištenjem neposrednog sustava s promjenjivim protokom radne tvari (eng. VRV/VRF). Poslovna zgrada ima unutarnje prostorije koje nemaju vanjskih zidova. Ove prostorije je potrebno cjelogodišnje hladiti i ventilirati. Uredske prostorije koje su raspoređene uz vanjske zidove potrebno je hladiti ljeti i grijati zimi. Moderni sustavi s varijabilnim protokom radne tvari omogućuju istovremeno funkcioniranje grijanja, hlađenja i ventilacije za pojedine prostore. Primjenom postupka dimenzioniranja neposrednog sustava s radnom tvari, prema preporuci odabranog proizvođača, potrebno je odabrati jedinice za grijanje, hlađenje i ventilaciju za svaki korišteni prostor prema potrebama pojedinog prostora.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- elektro-priključak 220/380V; 50Hz
- vodovodni priključak tlaka 5 bar

Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu za zimsko i ljetno razdoblje,
- proračun ventilacijskih potreba prostora koji će se ventilirati,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu automatske regulacije za potpuno automatski rad postrojenja,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

29. studenog 2018.

Rok predaje rada:

- 1. rok: 22. veljače 2019.
- 2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.
- 3. rok: 20. rujna 2019.


Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.
- 2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.
- 3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:


Doc. dr. sc. Darko Smoljan

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

1.GViK SUSTAV UREDSKIH ZGRADA	11
2.OPIS ZGRADE	12
3.TOPLINSKO OPTEREĆENJE.....	14
3.1. Toplinsko opterećenje zimi.....	14
3.1.1. Projektni transmisijski gubici.....	14
3.1.1.1. Koeficijent od grijanog prostora prema okolišu.....	14
3.1.1.2. Koeficijent od grijanog prostora kroz negrijani prostor.....	15
3.1.1.3. Koeficijent od grijanog prostora prema tlu	15
3.1.1.4. Koeficijent prema susjednom grijanom prostoru	15
3.1.2. Projektni ventilacijski gubici	16
3.1.3. Toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja	16
3.1.4. Ukupno projektno toplinsk opterećenje zgrade	17
3.2. Proračun toplinskog opterećenja	17
3.2.1. Provjera programskog rješenja ručnim proračunom	18
3.3. Toplinsko opterećenje ljeti	20
3.3.1. Proračun rashladnog toplinskog opterećenja	21
3.3.1.1.Unutarnji izvori.....	21
3.3.1.2. Vanjski izvori	21
3.3.2. Rezultati proračuna rashladnog toplinskog opterećenja	22
3.3.3. Usporedba rashladnog toplinskog opterećenja prostorija	23
4. VRV SUSTAV	26
4.1. Dizalica topline	27
4.1.1. Dvocijevna tehnologija	28
4.1.2. Trocijevna tehnologija	28
4.2. Projektno rješenje VRV sustava	29
4.2.1. Prizemlje	29
4.2.2. Kat.....	30
4.2.3. Galerija.....	31
4.3. Oprema VRV sustava.....	31
4.3.1. Unutarnje jedinice	31
4.3.2. Vanjske jedinice	32
4.3.2.1. VRV IV s povratom topline.....	32
4.3.2.2. VRV IV s kontinuiranim grijanjem.....	32
4.3.2.3. VRV IV S-serija	32
4.3.3. BS kutija	33
4.4. Usporedba mogućih rješenja VRV sustava.....	33
5. VENTILACIJA	35
5.1. Ventilacijski zahtjevi prostorija.....	35
5.1.1. Ventilacijski zahtjevi prema broju izmjena zraka.....	35
5.1.2. Ventilacijski zahtjevi prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača	36
5.1.3. Ventilacijski zahtjevi prema broju osoba.....	36
5.1.4. Ventilacijski zahtjevi prema normi EN 15251	37
5.1.5. Odabrani ventilacijski zahtjevi.....	37

5.2. Dimenzioniranje kanala i proračun pada tlaka.....	37
5.2.1. Dimenzioniranje kanala	37
5.2.2. Pad tlaka u kritičnoj dionici	39
5.3. Ventilacijska oprema	39
5.3.1. Distributeri zraka.....	39
5.3.2. Prigušivač zvuka	41
5.3.3. Rešetka s mrežicom za vanjski kanal.....	41
5.3.4. Jedinica za pripremu zraka.....	42
6. ZAKLJUČAK.....	44
LITERATURA	45
PRILOZI	46

POPIS SLIKA

<i>Slika 1: Tlocrt prizemlja uredske zgrade.....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 2: Razlika toplinskih dobitaka i toplinskog opterećenja</i>	<i>20</i>
<i>Slika 3: Rashladno toplinsko opterećenje prostorije preko površina.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 4: Rezultati proračuna rashladnog toplinskog opterećenja Ureda 2.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 5: Tlocrt kata zgrade s označenim prostorijama.....</i>	<i>23</i>
<i>Slika 6: Toplinsko opterećenje ureda K8</i>	<i>24</i>
<i>Slika 7: Toplinsko opterećenje ureda K1</i>	<i>25</i>
<i>Slika 8: Toplinsko opterećenje ureda K14</i>	<i>25</i>
<i>Slika 9: Usporedba VRV i multisplit sustava</i>	<i>26</i>
<i>Slika 10: Dizalica topline u režimu hlađenja i grijanja</i>	<i>27</i>
<i>Slika 11: Grijanje ili hlađenje dvocijevnim sustavom</i>	<i>28</i>
<i>Slika 12: Istovremeno grijanje i hlađenje trocijevnim sustavom uz korištenje BS kutija.....</i>	<i>29</i>
<i>Slika 13: Kružna kazetna jedinica FXFQ-A.....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 14: Specifikacije kazetnih jedinica FXFQ-A</i>	<i>32</i>
<i>Slika 15: VRV IV sustav s povratom topline.....</i>	<i>32</i>
<i>Slika 16: BS kutija s četiri ulaza</i>	<i>33</i>
<i>Slika 17: Jedan trocijevni sustav za dvije zone odvojene BS kutijama</i>	<i>34</i>
<i>Slika 18: Dva dvocijevna sustava, svaki za jednu zonu.....</i>	<i>34</i>
<i>Slika 19: Podjela ventilacijskog sustava dobave na dionice.....</i>	<i>38</i>
<i>Slika 20: Rešetka s regulacijskim žaluzinama.....</i>	<i>40</i>
<i>Slika 21: Plenum</i>	<i>40</i>
<i>Slika 22: Prigušivač zvuka</i>	<i>41</i>
<i>Slika 23: Rešetka s mrežicom</i>	<i>41</i>
<i>Slika 24: Klima komora za pripremu zraka</i>	<i>42</i>
<i>Slika 25: Shema jedinice za pripremu zraka i dizalice topline.....</i>	<i>43</i>

POPIS TABLICA

<i>Tablica 1: Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata</i>	<i>13</i>
<i>Tablica 2: Toplinsko opterećenje prostorija</i>	<i>17</i>
<i>Tablica 3: Potrebni podaci za računanje koeficijenta transmisijskog gubitka prema okolišu</i>	<i>19</i>
<i>Tablica 4: Potrebni podaci za računanje koeficijenta transmisijskog gubitka prema tlu.....</i>	<i>19</i>
<i>Tablica 5: Potrebni podaci za računanje protoka zraka uslijed infiltracije</i>	<i>19</i>
<i>Tablica 6: Potrebni podaci za računanje topline zbog prekida grijanja</i>	<i>19</i>
<i>Tablica 7: Rezultati proračuna toplinskog opterećenja Ureda 2 računalnim programom.....</i>	<i>20</i>
<i>Tablica 8: Rashladno toplinsko opterećenje prostorija</i>	<i>22</i>
<i>Tablica 9: Specifikacije odabranih vanjskih jedinica za prizemlje</i>	<i>30</i>
<i>Tablica 10: Specifikacije odabrane vanjske jedinice za kat.....</i>	<i>30</i>
<i>Tablica 11: Specifikacije odabrane vanjske jedinice za galeriju</i>	<i>31</i>
<i>Tablica 12: Ventilacijski zahtjevi prostorija prema broju izmjene zraka</i>	<i>35</i>
<i>Tablica 13: Ventilacijski zahtjevi prostorija prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača</i>	<i>36</i>
<i>Tablica 14: Ventilacijski zahtjevi prostorija prema broju osoba.....</i>	<i>36</i>
<i>Tablica 15: Ventilacijski zahtjevi prostorija prema normi EN 15251</i>	<i>37</i>
<i>Tablica 16: Ventilacijski zahtjevi prostorija</i>	<i>37</i>
<i>Tablica 17: Dimenzioniranje cijevi za ventilaciju.....</i>	<i>38</i>
<i>Tablica 18: Pad tlaka u kritičnoj dionici dobavnog kanalnog sustava</i>	<i>39</i>
<i>Tablica 19: Odabrane kutije i rešetke</i>	<i>40</i>
<i>Tablica 20: Specifikacije klima komore za pripremu zraka</i>	<i>43</i>
<i>Tablica 21: Specifikacije kondenzacijske jedinice</i>	<i>43</i>

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

- Crtež broj 1 Raspored VRV jedinica po prostorijama prizemlja*
Crtež broj 2 Raspored VRV jedinica po prostorijama kata
Crtež broj 3 Raspored VRV jedinica po prostorijama galerije
Crtež broj 4 Ventilacija unutarnjih prostorija prizemlja

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
U	W/m ² K	koeficijent prolaza topline
ϕ_{HL}	W	projektno toplinsko opterećenje zimi
ϕ_T	W	projektni transmisijski gubici topline
ϕ_V	W	projektni ventilacijski gubici topline
ϕ_R	W	toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja
$H_{T,ie}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$H_{T,iue}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
$H_{T,ig}$	W/K	stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu
$H_{T,ij}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature
θ_{int}	°C	unutarnja projektna temperatura grijanog prostora
θ_e	°C	vanjska projektna temperatura
A_k	m ²	površina plohe
e_k, e_l		korekcijski faktori
l_l	m	dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije
Ψ_l	W/mK	linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta
b_u		faktor smanjenja temperature razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu
f_{g1}		korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
f_{g2}		faktor smanjenja temperature razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature
$U_{equiv,k}$	W/m ² K	ekvivalentni koef. prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda
G_w		korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode, za udaljenost poda do vode
f_{ij}		faktor smanjenja temperature razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature
V_i	m ³ /h	protok zraka
V_{su}, V_{bz}	m ³ /h	protok dobavnog zraka
$V_{inf,i}$	m ³ /h	maksimalni protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazore
$V_{min,i}$	m ³ /h	minimalni higijenski protok zraka
V_{op}	m ³ /h	preporučeni ventilacijski minimum
V_{CO2}	l/s	dopuštena količina ugljikovog dioksida po osobi

n_{\min}	h^{-1}	minimalni broj izmjene zraka
n_{50}	h^{-1}	broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša
e_i		koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu
ε_i		korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova povećanjem visine iznad okolnog tla
f_{RH}	W/m^2	korekcijski faktor
d	m	promjer
λ	W/mK	toplinska provodnost
ACH	h^{-1}	broj izmjena zraka na sat
A_z	m^2	površina poda prostorije
P_z		broj osoba
R_p	m^3/h	ventilacijski zahtjev po osobi
R_a	$\text{l m}^2/\text{s}$	ventilacijski zahtjev po kvadratu prostora
R	Pa/m	linijski gubici po metru u kanalima
ζ		koeficijent lokalnih gubitaka u spojevima kanala
Z	Pa	pad tlaka zbog lokalnih gubitaka
Δp	Pa	pad tlaka

SAŽETAK

U ovom radu prikazano je projektno rješenje sustava sezonskog grijanja te cjelogodišnje ventilacije i klimatizacije uredske zgrade smještene u Zagrebu. Kao rješenje koristi se kombinacija dvocijevnog i trocijevnog VRV sustava proizvođača *Daikin* s četiri klima jedinice odabrane prema potrebnim kapacitetima za grijanje i hlađenje prostorija. Za proračun toplinskih opterećenja korištene su norme *HRN EN 12831:2003* za toplinsko opterećenje zimi i *VDI 2078* za toplinsko opterećenje ljeti. Za proračun ventilacijskih potreba korišteno je više metoda te je odabran maksimalni iznos. Provedena je ventilacija unutarnjih prostorija u prizemlju na način da prostorije ostanu u neutralnom stanju tlaka jer je protok zraka dobave jednak protoku zraka odsisa.

Ključne riječi: grijanje, klimatizacija, ventilacija, uredska zgrada, VRV

SUMMARY

This paper presents the project solution of the seasonal heating system and the complete ventilation and air conditioning of office buildings located in Zagreb. The solution combines the VRV system with two and three pipes from the Daikin manufacturer with four climate units selected as needed for heating and cooling rooms. The calculation covers norm *HR EN 12831:2003* for thermal load in winter and *VDI 2078* for thermal load in summer. Several methods were used to calculate the ventilation requirement and the maximum amount is chosen. The ventilation of inner space of ground floor is set in the way that rooms are in the neutral state of pressure because of the same volume flow of supply and exhaust.

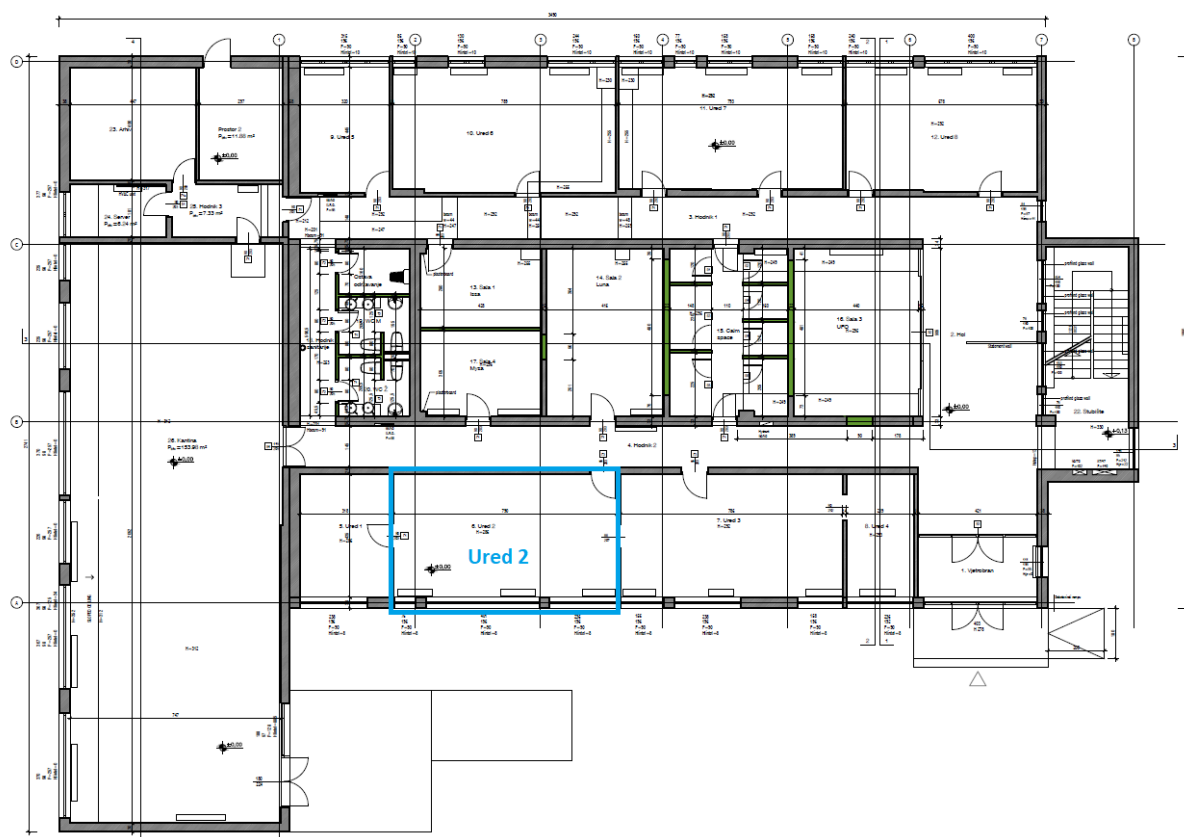
Key words: heating, air conditioning, ventilation, office building, VRV

1. GViK SUSTAV UREDSKIH ZGRADA

U poslovnim zgradama i poslovnim prostorima ključno je stvoriti ugodne radne uvjete za ljude koji u tim prostorima borave za vrijeme radnog vremena. Pravilno planirana klimatizacija i ventilacija mogu osigurati ugodan i koncentriran rad, stoga su iznimno važni. *GViK* je kratica za sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije, a koristi se za ostvarivanje toplinske ugodnosti i kvalitete zraka kondicioniranog prostora. Na engleskom *HVAC* što stoji za *Heating, Ventilation and Air Conditioning*. Uredske zgrade obično imaju prostorije u rubnim i središnjim zonama. Rubne zone često imaju prozore na velikom dijelu površine vanjskih zidova te zimi obično trebaju grijanje. Prostori u unutrašnjosti često trebaju hlađenje tijekom cijele godine zbog akumulacije topline od rasvjete, uredske opreme, ljudi i slično. Tijekom prijelaznog razdoblja, jedna strana zgrade može trebati hlađenje dok druga treba grijanje. U manjim i srednje velikim uredskim zgradama mogu se koristiti dizalice topline sa zrakom kao toplinskim spremnikom, dok se u većim zgradama često koristi dizalica topline voda-voda. Raznolikost namjene i različiti projektni uvjeti za uredske zgrade dozvoljavaju korištenje skoro svih dostupnih *GViK* sustava.^[1] Osim toplinske ugodnosti bitan je pogled na *GViK* sustave sa stajališta energetske potrošnje i zaštite okoliša. Potrebna energija za *GViK* sustav ovisi o klimatskim uvjetima, vrsti zgrade i njenim korisnicima. Energetskom certifikacijom zgrada u osam kategorija, dobivamo uvid u potrošnju energije i isplativost obnove zgrade kako bi se smanjila potrošnja energije. Emisije stakleničkih plinova ovise o proizvodnji potrebne električne energije što znači da mala potrošnja energije i obnovljivi izvori energije spašavaju okoliš.^[2]

2. OPIS ZGRADE

Uredska zgrada za koju je potrebno projektirati *GViK* sustav nalazi se u Radničkoj cesti u Zagrebu. Zgrada ima prizemlje, kat i galeriju (P+K+G). U prizemlju se nalaze uredi, sobe za sastanke i kantina povezani hodnicima te hol i stubište na ulazu. Ovdje se nalaze i sanitarije te par manjih prostorija koje služe kao arhiv, ostava i slično. Tlocrt prizemlja prikazan je na slici 1. Na tlocrtu prizemlja istaknuta je prostorija *Ured 2* na kojoj će biti prikazani proračuni toplinskog opterećenja. Na katu se nalaze uredi, sanitarije, hodnici, sobe za sastanke, hol i dvije manje prostorije koje služe kao ostava, stubište koje kat povezuje s prizemljem te stepenice koje vode na galeriju. Galerija se sastoji od hodnika i dva ureda. Ukupna korisna površina zgrade je 1450 m². Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata dani su u tablici 1. Vanjske jedinice VRFV sustava su smještene na sjevernoj strani zgrade iza stubišta, a jedinica za pripremu zraka za ventilaciju u manjoj prostoriji u prizemlju.



Slika 1: Tlocrt prizemlja uredske zgrade

Tablica 1: Koeficijenti prolaza topline građevnih elemenata

Građevni element	U [W/m ² K]
Vanjski zid	0.27
Unutarnji zid nosivi	0.21
Unutarnji zid pregradni	1.83
Pod	0.3
Strop	0.22
Krov	0.23
Vrata unutarnja	2
Vrata vanjska	1.25
Prozor	1.25

Slojevi vanjskog zida (*etics MW12 AB18*, $U=0,27$ W/m²K):

- 1 3.04 - vapneno-gipsana žbuka (1400), $d=2$ (cm), $\lambda=0,7$ (W/mK), $r=0,2$ (m), $m'=28$ (kg/m²)
- 2 2.01 - armirani beton (2500), $d=18$ (cm), $\lambda=2,6$ (W/mK), $r=23,4$ (m), $m'=450$ (kg/m²)
- 3 polimercementno ljepilo (1100), $d=0,5$ (cm), $\lambda=0,7$ (W/mK), $r=1$ (m), $m'=5,5$ (kg/m²)
- 4 mineralna vuna (MW) za kontakt fasade FKD-S Thermal, $d=12$ (cm), $\lambda=0,035$ (W/mK), $r=0,132$ (m), $m'=12$ (kg/m²)
- 5 polimercement. ljepilo armirano stakl. mrežicom (1100), $d=0,5$ (cm), $\lambda=0,7$ (W/mK), $r=1$ (m), $m'=5,5$ (kg/m²)
- 6 3.16 - silikatna žbuka (1800), $d=0,2$ (cm), $\lambda=0,9$ (W/mK), $r=0,14$ (m), $m'=3,6$ (kg/m²)

Slojevi unutarnjeg nosivog zida (DIL_ dilatacija, $U=0,21$ W/m²K):

- 1 3.04 - vapneno-gipsana žbuka (1400), $d=2$ (cm), $\lambda=0,7$ (W/mK), $r=0,2$ (m), $m'=28$ (kg/m²)
- 2 2.01 - armirani beton (2500), $d=18$ (cm), $\lambda=2,6$ (W/mK), $r=23,4$ (m), $m'=450$ (kg/m²)
- 3 STIROPOR EPS F (prema HRN EN 13163), $d=5$ (cm), $\lambda=0,039$ (W/mK), $r=2$ (m), $m'=0,75$ (kg/m²)
- 4 polimercement. ljepilo armirano stakl.mrežicom (1100), $d=0,5$ (cm), $\lambda=0,7$ (W/mK), $r=1$ (m), $m'=5,5$ (kg/m²)
- 5 STIROPOR EPS F (prema HRN EN 13163), $d=10$ (cm), $\lambda=0,039$ (W/mK), $r=4$ (m), $m'=1,5$ (kg/m²)
- 6 polimercementno ljepilo (1100), $d=0,5$ (cm), $\lambda=0,7$ (W/mK), $r=1$ (m), $m'=5,5$ (kg/m²)
- 7 1.10 - šuplji blokovi od gline (900), $d=25$ (cm), $\lambda=0,42$ (W/mK), $r=2,5$ (m), $m'=225$ (kg/m²)
- 8 3.04 - vapneno-gipsana žbuka (1400), $d=2$ (cm), $\lambda=0,7$ (W/mK), $r=0,2$ (m), $m'=28$ (kg/m²)

3. TOPLINSKO OPTEREĆENJE

3.1. Toplinsko opterećenje zimi (ϕ_{HL})

Projektno toplinsko opterećenje zimi računa se prema normi *HRN EN 12831:2003*.^[3] Zapis norme odnosi se na opterećenja za jednu prostoriju, a čine ga transmisijski i ventilacijski gubici te gubici zagrijavanja zbog prekida grijanja.

$$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} + \phi_{RH,i} \text{ [W]}$$

$\phi_{T,i}$ - projektni transmisijski gubici topline

$\phi_{V,i}$ - projektni ventilacijski gubici topline

$\phi_{R,i}$ - toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja

3.1.1. Projektni transmisijski gubici

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}$$

$H_{T,ie}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T,iue}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T,ig}$ - stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu [W/K]

$H_{T,ij}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K]

$\theta_{int,i}$ - unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]

θ_e - vanjska projektna temperatura [°C]

3.1.1.1. Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema okolišu

$$H_{T,ie} = \sum A_k * U_k * e_k + \sum \Psi_l * l * e_l \text{ [W/K]}$$

A_k - površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi topline [m²]

e_k, e_l - korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperatura, brzina vjetra. Određuju se na nacionalnoj razini. Ako vrijednosti nisu određene na nacionalnoj razini uzeti =1.

U_k - koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k" [W/m²K]

l_l - dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m]

Ψ_l - linijski koeficijent prolaza topline linijskog toplinskog mosta "l" [W/mK]

3.1.1.2. Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor

$$H_{T,iue} = \sum A_k * U_k * b_u + \sum \Psi_l * l_l * b_u \text{ [W/K]}$$

b_u - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu

$$b_u = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_u}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$$

3.1.1.3. Stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * (\sum A_k * U_{\text{equiv},k}) * G_w \text{ [W/K]}$$

f_{g1} - korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature, predložena vrijednost =1.45

f_{g2} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature prema izrazu:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$$

$U_{\text{equiv},k}$ - ekvivalentni koef. prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda (dubina ispod površine tla, koef. U_{pod} , karakt. B'...) [W/m²K]

G_w - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode, za udaljenost poda do vode $\leq 1\text{m}$ uzeti 1.15; inače 1.00

3.1.1.4. Koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} * A_k * U_k \text{ [W/K]}$$

f_{ij} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{ads}}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$$

3.1.2. Projektni ventilacijski gubici

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}$$

$H_{V,i}$ - koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K]

$\theta_{int,i}$ - unutarnja projektna temperature grijanog prostora [°C]

θ_e - vanjska projektna temperatura [°C]

Koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka:

$$H_{V,i} = V_i * \rho * c_p \text{ [W/K]}$$

V_i - protok zraka u grijani prostor [m³/h]

Protok zraka bez ventilacijskog sustava:

$$V_i = \max (V_{inf,i}, V_{min,i})$$

$V_{inf,i}$ - maksimalni protok zraka u prostoriju uslijed infiltracije kroz zazore

$V_{min,i}$ - minimalni higijenski protok zraka

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i \text{ [m}^3\text{/h]}$$

V_i - volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama (volumen zraka) [m³]

n_{min} - minimalni broj izmjene zraka (nacionalni dodatak) [h⁻¹]

$$V_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i \text{ [m}^3\text{/h]}$$

n_{50} - broj izmjena zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša

e_i - koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir utjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolišu (odabrano 0,05)

ε_i - korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova s povećanjem visine iznad okolnog tla

3.1.3. Toplinski tok za zagrijavanje zbog prekida grijanja

$$\phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \text{ [W]}$$

A_i - površina poda s ½ debljine zidova [m²]

f_{RH} - korekcijski faktor [W/m²]

3.1.4. Ukupno projektno toplinsko opterećenje zgrade

$$\phi_{HL,i} = \sum \phi_{T,i} + \sum \phi_{V,i} + \sum \phi_{RH,i} \text{ [W]}$$

$\sum \phi_{T,i}$ - suma transmisijskih gubitaka svih prostora isključujući toplinu koja se izmjenjuje između dijelova zgrade ili prostorija [W]

$\sum \phi_{V,i}$ - suma ventilacijskih gubitaka svih prostora isključujući toplinu koja se izmjenjuje između dijelova zgrade ili prostorija [W]

$\sum \phi_{RH,i}$ - suma toplina za zagrijavanje svih prostorija zbog prekida grijanja [W]

3.2. Proračun toplinskog opterećenja

Radi bržeg računanja toplinskog opterećenja korišten je računalni program *IntegraCAD* koji proračunava toplinsko opterećenje zimi prema normi *HRN EN 12831:2003*. U program je potrebno unijeti polazne podatke kao što su vanjska projektna temperatura za zimu, koeficijenti prolaza topline različitih elemenata, namjena i konstrukcija zgrade, dimenzije i volumen zgrade i slično. Kako se ne bi ručno unosile površine svake prostorije u programu se otvaraju i CAD tlocrti zgrade na kojima se ucrtavaju granice prostorija ili zona te program iz toga sam učitava površine prostorija na kojima se izmjenjuje toplina. U sljedećoj tablici su prikazani rezultati proračuna toplinskog opterećenja prostorija i cijele zgrade upotrebom računalnog programa, koji se koriste za projektiranje sustava grijanja.

Tablica 2: Toplinsko opterećenje prostorija

PRIZEMLJE	Prostorija	A [m²]	θ_{int} [°C]	ϕ_T [W]	ϕ_V [W]	ϕ_{RH} [W]	ϕ_{HL} [W]	ϕ_{HL}/m^2 [W]
P1	Ured	17	20	301	1147	350	1798	106
P2	Ured	39	20	788	2557	780	4125	106
P3	Ured	38	20	684	2540	775	3999	105
P4	Ured	12	20	252	805	245	1302	109
P5	Prostorija	14	20	280	234	285	799	57
P6	Prostorija	21	20	464	355	433	1252	60
P7	Prostorija	8	20	58	142	173	373	47
P8	Blagovaona	170	20	3113	8359	3401	14873	87
P9	Prostorija	7	20	170	129	157	456	65
P10	Prostorija	5	20	103	83	81	267	53
P11	WC	6	15	4	275	131	410	68
P12	WC	5	15	3	243	116	362	72
P13	Ured	17	20	352	1163	355	1870	110
P14	Ured	38	20	626	2555	779	3960	104

P15	Ured	39	20	687	2561	781	4029	103
P16	Ured	34	20	874	2270	693	3837	113
P17	Prostorija	13	20	33	62	271	366	28
P18	Prostorija	14	20	36	82	296	414	30
P19	Prostorija	27	20	44	108	542	694	26
P20	Prostorija	27	20	44	110	554	708	26
P21	Prostorija	28	20	46	125	572	743	27
P22	Prostorija	11	20	722	196	238	1156	105
P23	Hodnik	10	20	279	173	210	662	66
P24	Hodnik	39	20	64	645	787	1496	38
P25	Hodnik	38	20	73	633	773	1479	39
P26	Hodnik	82	20	870	1356	1655	3881	47
	Ukupno:						55311	
KAT								
P1	Ured	20	20	577	1175	419	2171	109
P2	Prostorija	15	20	77	861	306	1244	83
P3	Prostorija	10	20	171	596	212	979	98
P4	Prostorija	3	20	139	48	68	255	85
P5	WC	11	15	168	418	234	820	75
P6	WC	11	15	173	405	227	805	73
P7	Prostorija	4	20	153	67	95	315	79
P8	Ured	64	20	1351	3591	1280	6222	97
P9	Ured	66	20	1308	3744	1334	6386	97
P10	Prostorija	29	20	1215	417	595	2227	77
P11	Prostorija	10	20	236	152	217	605	61
P12	Prostorija	73	20	0	1036	1477	2513	34
P13	Prostorija	24	20	142	350	499	991	41
P14	Ured	147	20	2284	8288	2954	13526	92
P15	Prostorija	43	20	0	613	874	1487	35
P16	Prostorija	21	20	109	303	432	844	40
	Ukupno:						41390	
GALERIJA								
P1	Ured	30	20	677	2191	610	3478	116
P2	Hodnik	16	20	128	304	338	770	48
P3	Ured	40	20	727	2915	812	4454	111
P4	Prostorija	28	20	653	514	572	1739	62
	Ukupno:						13050	

3.2.1. Provjera programskog rješenja ručnim proračunom

Slijedi usporedba rezultata toplinskog opterećenja jedne prostorije uredske zgrade, izračunatih ručno prema normi *HRN EN 12831:2003* i rezultata dobivenih korištenjem računalnog programa. Proveden je proračun *Ureda 2* u prizemlju.

$$H_{T,P2e} = \left(\sum A_k * U_k * e_k \right) * 1,1 = 24,00 \text{ [W/K]}$$

Tablica 3: Potrebni podaci za računanje koeficijenta transmisijskog gubitka prema vanjskom okolišu

Ploha	A_k [m ²]	U_k	e_k	$A_k * U_k * e_k$
ZVJ	16.095	0.27	1	4.35
PVJ	13.98	1.25	1	17.48
			Σ	21.82

$$H_{T,P2g} = f_{g1} * f_{g2} * \left(\sum A_k * U_{equiv,k} \right) * G_W = 2,06 \text{ [W/K]}$$

Tablica 4: Potrebni podaci za računanje koeficijenta transmisijskog gubitka prema tlu

f_{g1}	A_k [m ²]	G_W	P [m]	B [m]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² K]	$A_k * U_{equiv,k}$ [W/K]
1.45	39.00	1	7.9	9.87	0.15	5.85

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 12}{20 - (-13)} = 0,24$$

$$\phi_{T,P2} = (H_{T,P2e} + H_{T,P2ue} + H_{T,P2g} + H_{T,P2j}) * (\theta_{int,i} - \theta_e) = 859,95 \text{ [W]}$$

$$V_{inf,P2} = 2 * V_{P2} * n_{50} * e_i * \varepsilon_i = 27,35 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Tablica 5: Potrebni podaci za računanje protoka zraka uslijed infiltracije

n_{50}	e_i	ε_i	V_{P2} [m ³]
4	0.03	1	113.94

$$V_{min,P2} = n_{min} * V_{P2} = 227,88 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$n_{min} = 2 \text{ [h}^{-1}\text{]}$$

$$V_{P2} = \max(V_{inf,P2}, V_{min,P2}) = 227,88 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$H_{V,P2} = V_{P2} * \rho * c_p = 76,72 \text{ [W/K]}$$

$$\phi_{V,P2} = H_{V,P2} * (\theta_{int,P2} - \theta_e) = 2531,75 \text{ [W]}$$

$$\phi_{RH,i} = A_{P2} * f_{RH} = 749,54 \text{ [W]}$$

Tablica 6: Potrebni podaci za računanje topline zbog prekida grijanja

l [m]	b [m]	A_{P2} [m ²]	f_{RH}
8.025	4.67	37.48	20

$$\phi_{HL,P2} = \sum \phi_{T,P2} + \sum \phi_{V,P2} + \sum \phi_{RH,P2} = 4141.23 \text{ [W]}$$

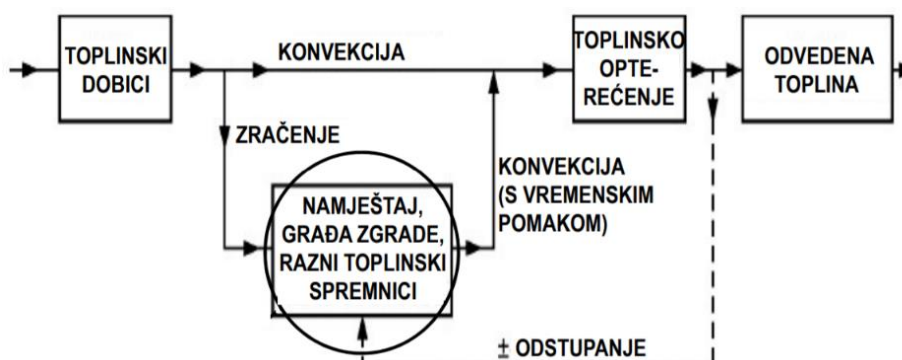
Tablica 7: Rezultati proračuna toplinskog opterećenja Ureda 2 računalnim programom

Rezultati proračuna			
Phi V,inf (W)	27	Phi T,i (W)	788
Phi V,min (W)	228	Phi V,i (W)	2557
Phi V,mech,inf	0	Phi V,mech (W)	307
Phi V,su (W)	0	Phi (W)	4125
Phi RH (W)	780	Phi/A (W/m ²)	105
Phi/V (W/m ³)	36		

Usporedbom ukupnog projektnog toplinskog opterećenja dobivenog ručnim proračunom ($\phi_{HL,P2} = 4141 \text{ W}$) i dobivenog korištenjem računalnog programa ($\phi_{HL,P2} = 4125 \text{ W}$), može se vidjeti mala razlika koja se javlja zbog dimenzija prostorije koje su u ručnom proračunu uzete točno prema normi, a u računalnom programu prema linijama ucrtavanja prostorija. Ova odstupanja su zanemariva te je moguće koristiti programska rješenja dalje u projektiranju.

3.3. Toplinsko opterećenje ljeti (ϕ_{CL})

Toplinske dobitke prostora predstavlja toplinski tok koji ulazi u hlađeni prostor konvekcijom i zračenjem u promatranom vremenskom intervalu iz vanjskih izvora kroz vanjske zidove i krov, ostakljenja zgrade, pregradne zidove i unutarnja vrata te infiltracijom ili se predaje prostoru od unutarnjih izvora topline kao što su osobe, rasvjeta te oprema i uređaji. Toplinsko opterećenje ljeti ili rashladno toplinsko opterećenje predstavlja toplinski tok koji se mora odvoditi od zraka u hlađenom prostoru da bi se održala konstantna temperatura. To je onaj toplinski tok koji je konvekcijom prešao na zrak od vanjskih ili unutarnjih izvora i od toplinskih spremnika s nekim vremenskim pomakom.^[4] Razlika je prikazana sljedećom slikom.



Slika 2: Razlika toplinskih dobitaka i toplinskog opterećenja

3.3.1. Proračun rashladnog toplinskog opterećenja

Postupak proračuna rashladnog opterećenja je različit od proračuna toplinskog opterećenja jer energija apsorbirana u toplinskim spremnicima kao što su zidovi, pod, namještaj i slično pridonosi toplinskom opterećenju prostorije s nekim vremenskim pomakom. Izračunavanje se treba provesti za nekoliko kritičnih sati za redom u projektnom danu kako bi se našao maksimalni zbroj svih komponenata toplinskog opterećenja. Za proračun rashladnog toplinskog opterećenja korišten je računalni program *IntegraCAD* koji proračunava toplinsko opterećenje ljeti analogno normi *VDI 2078*. U programu je potrebno postaviti početne vrijednosti odabirom klimatske zone, orijentacije zgrade, zadati temperaturu prostorija i slično. Ista je podjela zgrade na prostorije i zone kao kod računanja toplinskog opterećenja. Za svaku prostoriju ili zonu posebno se unose parametri unutarnjih izvora koji utječu na rashladno toplinsko opterećenje kao što su osobe, rasvjeta, strojevi, prolaz materijala, ventilacija i slično. Iz CAD tlocrta program sam učitava površine prostorija ili zona te računa toplinsko opterećenje od vanjskih izvora. Slijedi prikaz programskog proračuna *Ureda 2* u prizemlju.

3.3.1.1. Unutarnji izvori

Potrebno je unijeti u program podatke za unutarnje izvore rashladnog toplinskog opterećenja. U *Uredu 2* imamo šesnaest radnih stolova odnosno šesnaest osoba istovremeno boravi u uredu uz lagani rad na računalima u radnom vremenu od 8 do 16 sati. Svako računalo ima priključnu snagu od cca 300 W koje je uključeno za vrijeme radnog vremena. Broj osoba u prostorijama se određuje prema broju sjedećih mjesta. Rasvjeta je uključena za vrijeme radnog vremena te predaje određeni toplinski tok prostoriji.

3.3.1.2. Vanjski izvori

U program je potrebno unijeti površine prostorija ručno ili učitavanjem CAD crteža na kojima se crtaju granice prostorija. Zbog iste temperature u svim prostorijama, nema prijenosa topline kroz unutarnje zidove već samo kroz vanjske zidove i ostakljenja. Sljedeća slika prikazuje proračun u programu.

tu

Osobe

Rasvjeta

Strojevi

Prolaz materijala

Susjedne prostorije

Površine

Ventilacija

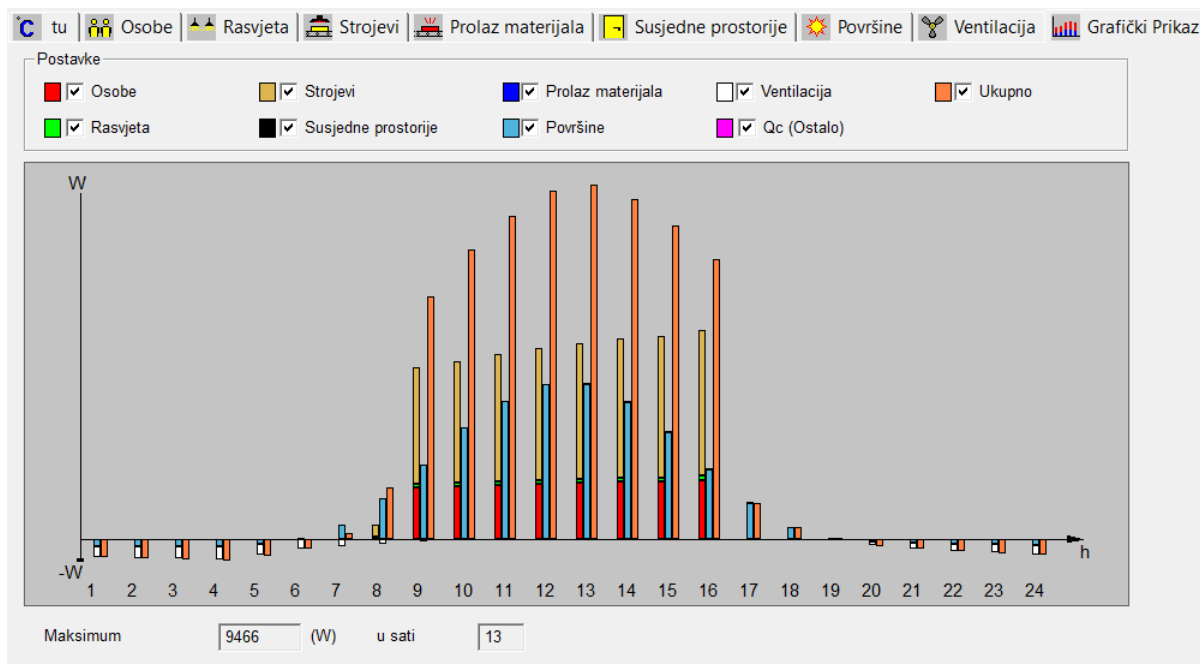
Grafički Prikaz

	Or.	Vrsta	GK	Δz	ZS	Br	Duž (m)	V/Š (m)	A (m²)	O	As (m²)	Au (m²)	U (W/m²K)	de1 (K)	de2 (K)	b	qs (W/m²)	Qok (W)	Qoz (W)
1	hor.	Prozor	0	0	VB	1	2.36	1.96	4.63	-	4.63	4.63	1.25	1.40	0.00	0.70	631	8	1308
2	hor.	Prozor	0	0	VB	1	4.01	1.96	7.86	-	7.86	7.86	1.25	1.40	0.00	0.70	631	14	2222
3	hor.	Prozor	0	0	VB	1	0.76	1.96	1.49	-	1.49	1.49	1.25	1.40	0.00	0.70	631	3	421
4	hor.	Zid	6	2		1	8.02	3.75	30.08	+	16.10	16.10	0.27	-4.00	0.00	0.00	0	-17	0

Slika 3: Rashladno toplinsko opterećenje prostorije preko površina

3.3.2. Rezultati proračuna rashladnog toplinskog opterećenja

Rezultati proračuna rashladnog toplinskog opterećenja *Ureda 2* prikazani su slikom iz čega se mogu vidjeti sume opterećenja prostorije od svih vanjskih i unutarnjih izvora po satima u jednom projektnom danu najtoplijeg mjeseca. *Ured 2* ima maksimalno toplinsko opterećenje 21. lipnja u 13 h u iznosu od 9.5 kW. Na slici 4 možemo vidjeti odnose utjecaja osoba, rasvjete, opreme i površina na toplinsko opterećenje prostorije te njihovu sumu.



Slika 4: Rezultati proračuna rashladnog toplinskog opterećenja *Ureda 2*

Sljedećom tablicom su prikazana maksimalna toplinska opterećenja svih prostorija uredske zgrade, u najtoplijem danu i satu, koja se koriste za projektiranje sustava hlađenja.

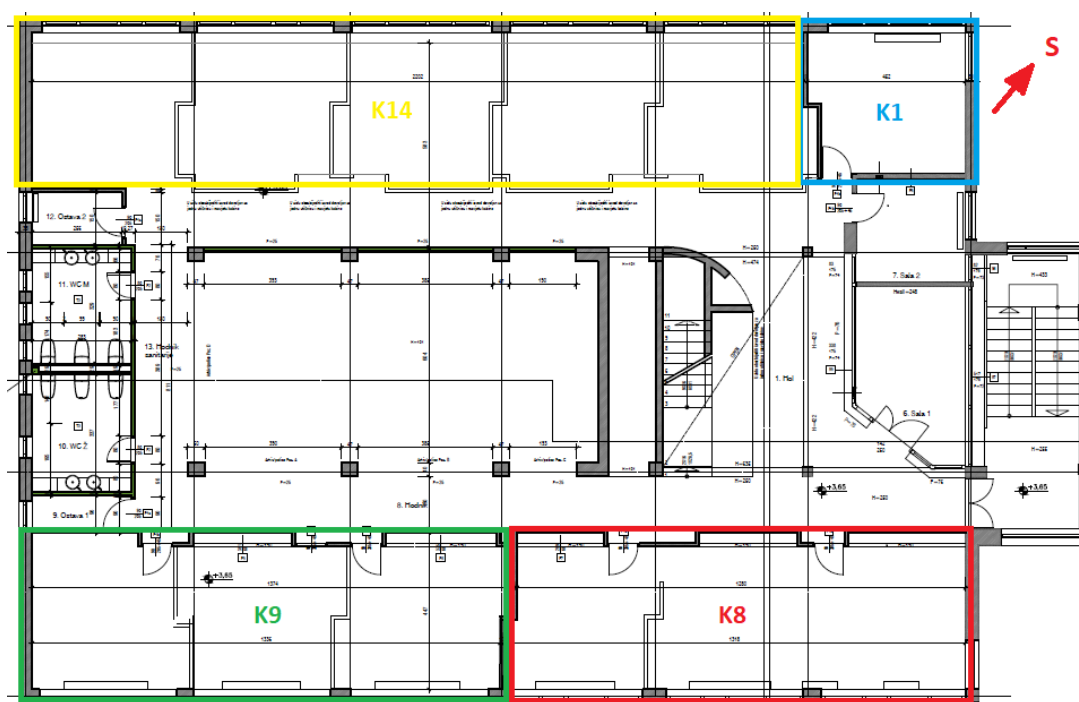
Tablica 8: Rashladno toplinsko opterećenje prostorija

PRIZEMLJE	Qukupno (W)	Datum i vrijeme	KAT	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
P1 Ured	2150	21. Lipanj 13h	P1 Ured	1093	23. Srpanj 14h
P2 Ured	9466	21. Lipanj 13h	P2 Prostorija	852	23. Srpanj 16h
P3 Ured	8187	21. Lipanj 13h	P3 Prostorija	1485	21. Svibanj 9h
P4 Ured	2366	21. Lipanj 13h	P4 Prostorija	129	23. Srpanj 16h
P5 Prostorija	581	21. Lipanj 13h	P5 WC	217	23. Srpanj 16h
P6 Prostorija	50	23. Srpanj 15h	P6 WC	276	23. Srpanj 16h
P7 Prostorija	34	23. Srpanj 16h	P7 Prostorija	141	23. Srpanj 16h
P8 Blagovaona	7444	21. Lipanj 13h	P8 Ured	10701	22. Rujan 13h
P9 Prostorija	470	21. Lipanj 13h	P9 Ured	10616	22. Rujan 13h
P10 Prostorija	184	23. Srpanj 16h	P10 Prostorija	2706	21. Lipanj 8h
P11 WC	23	23. Srpanj 16h	P11 Prostorija	42	23. Srpanj 16h

P12 WC	22	23. Srpanj 16h	P12 Prostorija	312	23. Srpanj 16h
P13 Ured	2614	21. Lipanj 13h	P13 Prostorija	104	23. Srpanj 16h
P14 Ured	7667	21. Lipanj 13h	P14 Ured	14117	23. Srpanj 16h
P15 Ured	8217	21. Lipanj 13h	P15 Prostorija	170	23. Srpanj 16h
P16 Ured	7741	21. Lipanj 13h	P16 Prostorija	84	23. Srpanj 15h
P17 Prostorija	656	23. Srpanj 16h	GALERIJA	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
P18 Prostorija	854	23. Srpanj 16h	P1 Ured	1715	23. Srpanj 9h
P19 Prostorija	900	23. Srpanj 16h	P2 Hodnik	68	23. Srpanj 15h
P20 Prostorija	308	23. Srpanj 16h	P3 Ured	4413	23. Srpanj 16h
P21 Prostorija	1460	23. Srpanj 16h	P4 Prostorija	266	24. Kolovoz 13h
P22 Prostorija	3161	21. Lipanj 13h			
P23 Hodnik	43	23. Srpanj 15h			
P24 Hodnik	172	23. Srpanj 16h			
P25 Hodnik	171	23. Srpanj 16h			
P26 Hodnik	1158	23. Srpanj 13h			

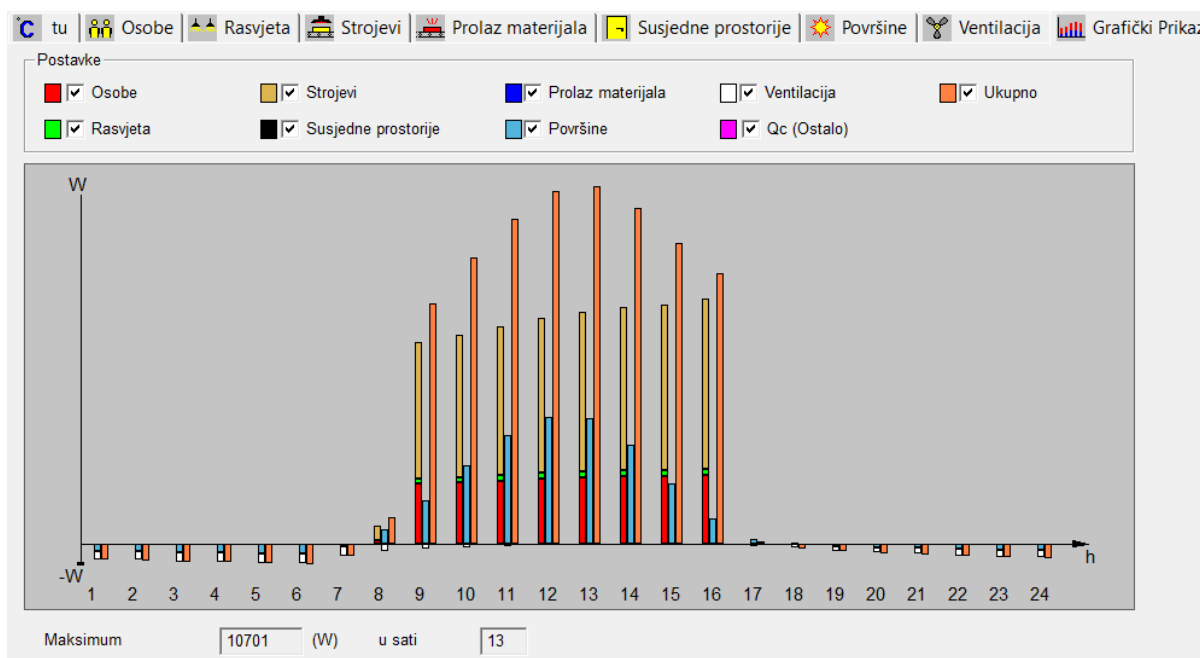
3.3.3. Usporedba rashladnog toplinskog opterećenja prostorija

Prostorije na različitim stranama svijeta imaju maksimalno toplinsko opterećenje u različitim periodima dana jer dobici topline zračenjem od sunca postaju opterećenje s vremenskim pomakom. Na opterećenje također utječu i unutarnji izvori topline direktno konvekcijom ili s vremenskim odstupanjem zbog zračenja. Njihovim sumiranjem po satima dobivamo konačne vrijednosti opterećenja, a zanima nas ono maksimalno. Za usporedbu su odabrana četiri ureda s različitom orijentacijom. Slika 5 prikazuje tlocrt kata sa prostorijama koje se uspoređuju.



Slika 5: Tlocrt kata zgrade s označenim prostorijama

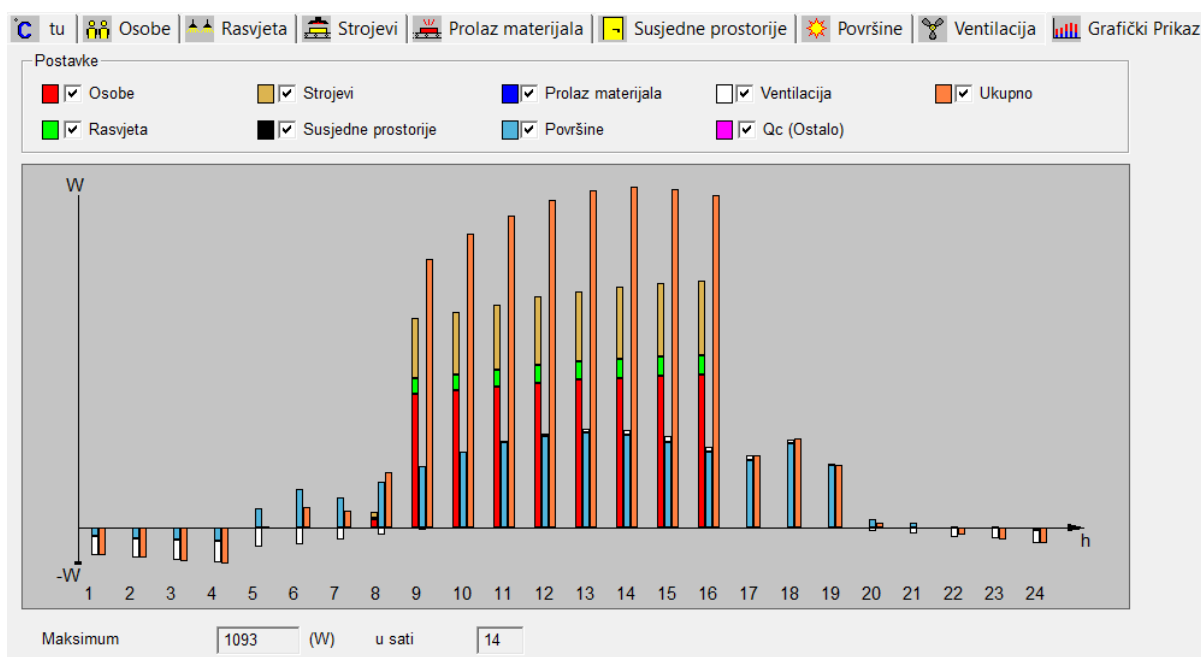
Grafovi toplinskog opterećenja navedenih prostorija na slikama prikazuju toplinska opterećenja svakog izvora topline u prostoriji te njihovu ukupnu vrijednost kroz dvadeset i četiri sata odnosno u jednom danu. Zbog utjecaja sunca sjeveroistočna strana bi trebala imati maksimalno toplinsko opterećenje u jutarnjim satima, jugoistočna u prijedpodnevnim satima, sjeverozapadna u ranijim poslijepodnevnim satima, a jugozapadna u kasnijim poslijepodnevnim satima. Međutim, dodaje se i utjecaj na opterećenje od unutarnjih izvora. Uredi K8 i K9 nalaze se na jugoistočnoj strani zgrade te imaju jako slično toplinsko opterećenje koje se razlikuje zbog razlike u ostakljenim površinama dok im je površina približno ista te se u njima nalazi jednak broj radnih stolova mjesta. Maksimalno toplinsko opterećenje je u 13 h. Sljedeća slika prikazuje toplinsko opterećenje ureda K8.



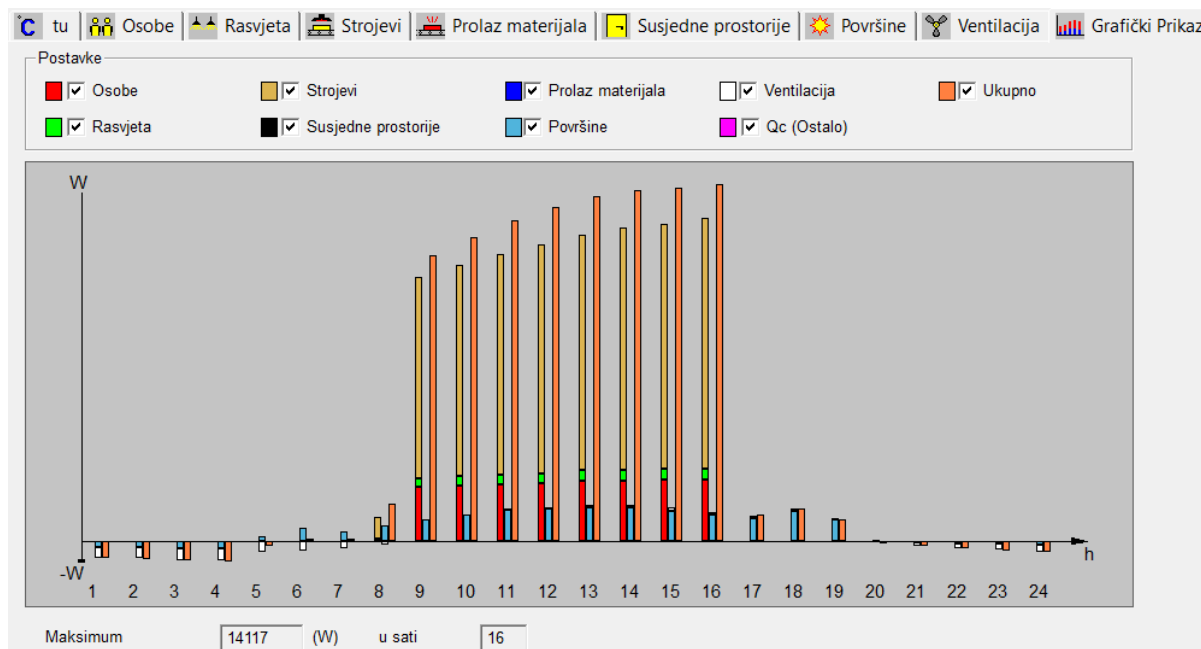
Slika 6: Toplinsko opterećenje ureda K8

Ured K1 nalazi se na sjeverozapadnoj strani zgrade te ima maksimalno toplinsko opterećenje u 14 h. Manje je površine, ima malu ostakljenu površinu te podržava manji broj ljudi i računala. Zbog toga mu je toplinsko opterećenje manje nego u ostalim uredima. Ured K14 nalazi se na jugozapadnoj strani zgrade, velike je površine zbog čega podržava velik broj ljudi i računala te rasvjete. Svi ovi izvori zajedno daju najveće toplinsko opterećenje u 16 h te u najvećem iznosu naspram ostalih ureda. U unutrašnjosti zgrade toplina se akumulira u prostorijama cijeli dan odnosno do kraja radnog vremena kada se prostorije rasterete zbog

gašenja rasvjete i uređaja te odlaska ljudi. Zbog tog razloga njihovo najveće toplinsko opterećenje je u kasnijim poslijepodnevним satima. Slike 7 i 8 pokazuju ta opterećenja.



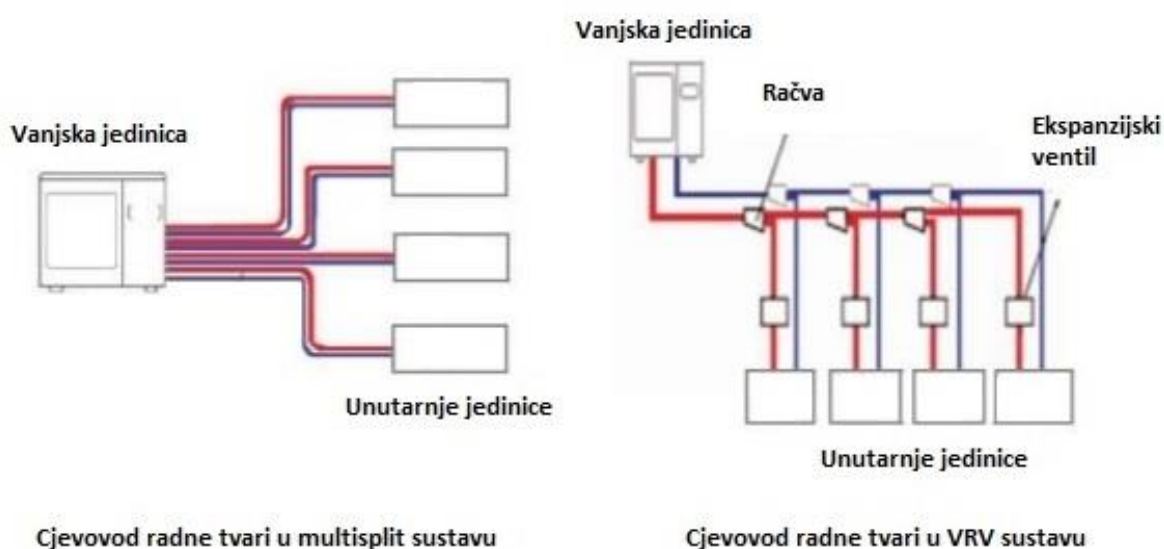
Slika 7: Toplinsko opterećenje ureda K1



Slika 8: Toplinsko opterećenje ureda K14

4. VRV SUSTAV

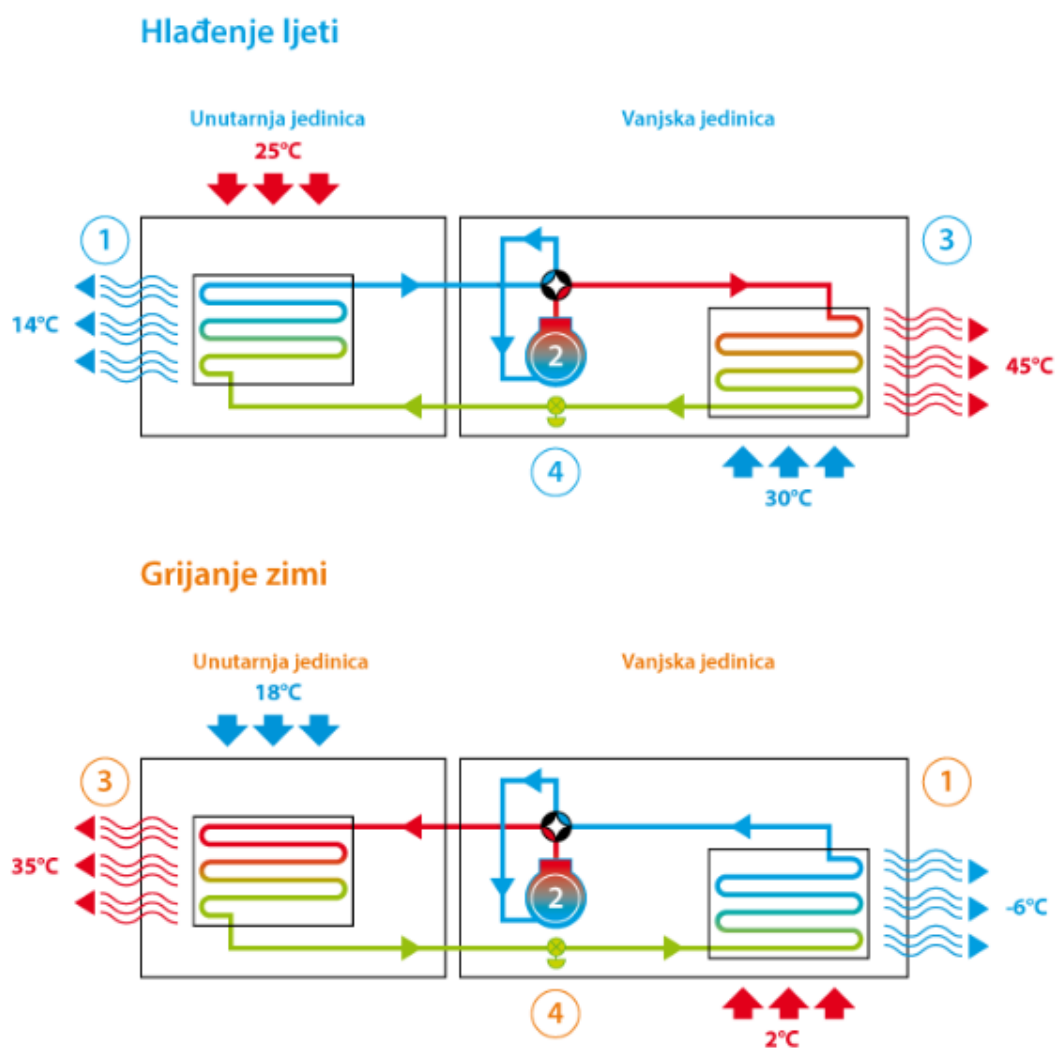
VRV (Variable Refrigerant Volume) i *VRF (Variable Refrigerant Flow)* su dva različita pojma koja se koriste za istu tehnologiju varijabilnog protoka radne tvari. *VRV* je zaštitni znak tvrtke *Daikin Industries, Ltd.*, a *VRF* je drugi naziv koji se često koristi za ovu tehnologiju. *VRV* sustav je dizalica topline koja se promjenjivim protočnim volumenom radne tvari u sustavu prilagođava konkretnim zahtjevima zgrade. *VRV* sustav radi slično *multisplit* sustavu tj. na jednu vanjsku jedinicu može biti priključeno više unutarnjih jedinica. *Multisplit* sustav ima jedan ekspanzijski ventil koji se nalazi u vanjskoj jedinici, a moguće je spojiti nekoliko unutarnjih jedinica na jednu vanjsku. Kod *multisplit* sustava svaka unutarnja jedinica ima posebni dovod radne tvari, dok *VRV* ima jedan glavni cjevovod s radnom tvari koji se može granati što omogućuje do nekoliko desetaka unutarnjih jedinica spojenih na jednu vanjsku jedinicu. Svaka unutarnja jedinica *VRV* sustava ima vlastiti ekspanzijski ventil tj. kapilaru koja protočnim volumenom radne tvari i tlakom isparavanja regulira učin koji joj je potreban na temelju trenutne unutarnje temperature i temperature zatražene putem daljinskog upravljača. Ovisno o ukupnoj potražnji svih unutarnjih jedinica sustav određuje način na koji će vanjska jedinica prilagoditi protočni volumen i temperaturu radne tvari.^[1] Razlika je pokazana sljedećom slikom.



Slika 9: Usporedba VRV i multisplit sustava

4.1. Dizalica topline

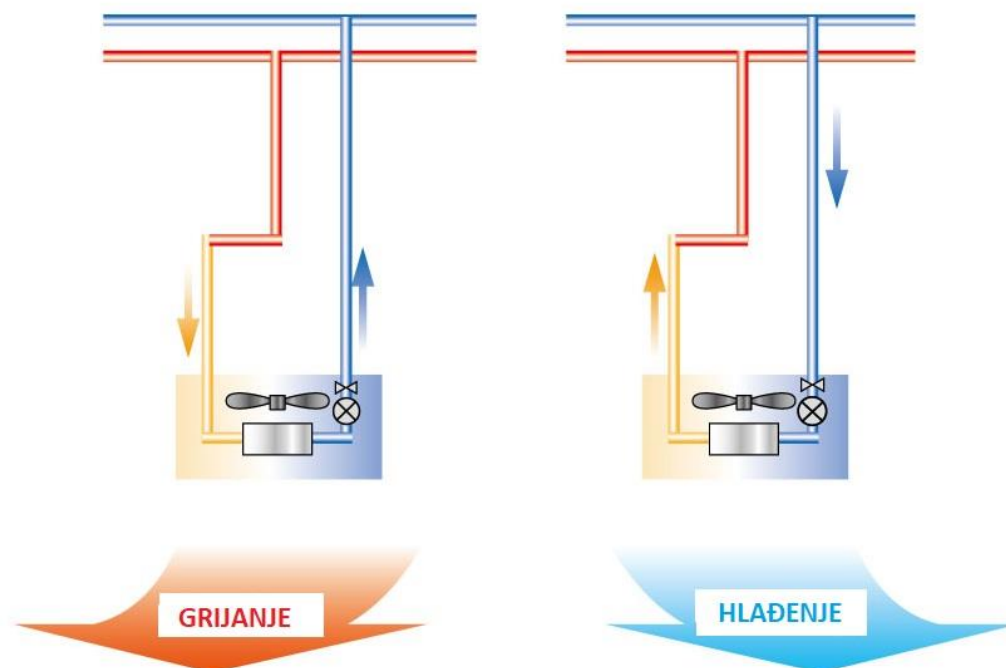
Dizalica topline sastoji se od kompresora, vanjske jedinice tj. isparivača, unutarnje jedinice tj. kondenzatora, ekspanzijskog ventila tj. kapilare i radne tvari. Dizalica topline povećava temperaturu grijane prostorije prijenosom topline s kondenzatora na zrak. Radna tvar prenosi toplinu dok cirkulira između vanjske jedinice i unutarnje jedinice. Isparivač se grije zrakom te mijenja fazu radne tvari iz kapljevite u plinovitu. Kompresor komprimira radnu tvar u plinskoj fazi kojoj se povećava temperatura. Kondenzator izmjenjuje toplinu između sustava plina i sustava grijanja pri čemu se plin vraća u kapljevitu fazu. Ekspanzijski ventil prigušuje radnu tvar, zbog čega ona isparava i ciklus se pokreće opet ispočetka. Okretanjem ovog ciklusa moguće je hladiti prostoriju pri čemu isparivač postaje kondenzator, a kondenzator postaje isparivač.^[5] Slika 10 prikazuje odvijanje ciklusa grijanja i hlađenja.



Slika 10: Dizalica topline u režimu hlađenja i grijanja

4.1.1. Dvocijevna tehnologija

Unutarnje jedinice spojene su dvocijevno s vanjskom jedinicom te sustav može grijati ili hladiti ovisno o sezoni i željama primjene, mijenjanjem smjera odvijanja procesa. Kroz jednu cijev prolazi plinska, a kroz drugu kapljevita faza radne tvari. Cijev većeg promjera je potrebna za plinsku fazu, a manjeg za kapljevitu fazu. Sljedeća slika prikazuje dvocijevni sustav sa smjerovima prolaza radne tvari u režimu grijanja i hlađenja.

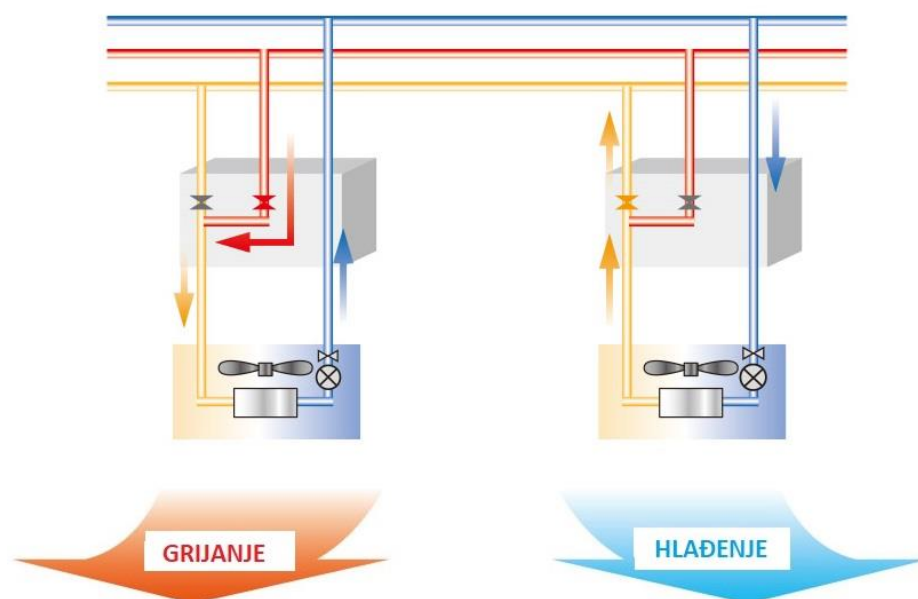


Slika 11: Grijanje ili hlađenje dvocijevnim sustavom

4.1.2. Trocijevna tehnologija

Iz vanjske jedinice vode tri cijevi: dvije s plinskom fazom i jedna s kapljevitom fazom prema unutarnjim jedinicama. Obavezno je korištenje BS kutije koja u sebi sadrži ventile kojima određuje koju fazu pušta prema unutarnjoj jedinici, odnosno hoće li ona grijati ili hladiti. Treća cijev vraća plinovitu fazu u vanjsku jedinicu. Ova tehnologija omogućuje istovremeno i neovisno grijanje i hlađenje za različite zone što je prikazano slikom 12. Ta je tehnologija osobito učinkovita u zgradama s različitim toplinskim opterećenjem po prostorijama, koje je uzrokovano orijentacijom zgrade ili s prostorijama koje stalno stvaraju neiskorištenu toplinu. Preuzeta toplotna energija dijela zgrade može se skoro bez gubitaka

staviti na raspolaganje za grijanje u drugim prostorijama. Prednosti su iskorištavanje otpadne topline, manji pad tlaka što omogućava veći cjevovod, ušteda radne tvari i slično.^[5]



Slika 12: Istovremeno grijanje i hlađenje trocijevnim sustavom uz korištenje BS kutija

4.2. Projektno rješenje VRV sustava

Prilikom projektiranja sustava, zbog veličine uredske zgrade, odlučeno je za svaku etažu raditi zasebni VRV sustav. Korištena je dvocijevna i trocijevna tehnologija sustava zbog podjele zgrade ili etaže na različite zone koje rade u različitim režimima rada ovisno o potrebama za grijanjem ili hlađenjem. Projektiranje se provodilo *Daikin*-ovim online *software*-om VRV selekcije. Prema proračunatom toplinskom opterećenju pomoću *software*-a VRV selekcije, prvo su se odabrale unutarnje jedinice potrebnih učina, a zatim vanjske jedinice ovisno o učinku unutarnjih jedinica spojenim na njih. Potrebne račve, promjere cjevovoda i BS kutije *software* VRV selekcije odredio je na temelju odabranih unutarnjih i vanjskih jedinica.

4.2.1. Prizemlje

Prizemlje je podijeljeno na dvije zone prema prostorijama sa sličnim toplinskim opterećenjima i orijentacijom koje će raditi u istom režimu rada. Sve prostorije na sjeverozapadnom djelu prizemlja čine jednu zonu zbog sličnih toplinskih opterećenja te su njihove unutarnje jedinice spojene dvocijevno na vanjsku jedinicu. Prema potrebnom kapacitetu odabrana je vanjska jedinica *RYYQ14T* (VRV IV s kontinuiranim grijanjem) čije su

specifikacije prikazane u tablici 9. Zbog velikog broja unutarnjih jedinica, jugoistočna strana je podijeljena na još tri zone koje čine kantina, središnji dio i prostorije s vanjskim zidovima. Ove tri zone su spojene na jednu vanjsku jedinicu koja mora biti trocijevne tehnologije kako bi svaka od ove tri zone mogla raditi u različitim režimima rada neovisno jedna o drugoj. U ovom slučaju su potrebne *BS* kutije koje određuju režim rada svih unutarnjih jedinica koje su spojene na istu kutiju. Prema potrebnom kapacitetu odabrana je vanjska jedinica *REYQ14T* (*VRV IV s povratom topline*) čije su specifikacije pokazane u tablici 9.

Tablica 9: Specifikacije odabranih vanjskih jedinica za prizemlje

	<i>REYQ14T</i>	<i>RYYQ14T</i>
Učin u konjskim snagama [KS]	14	14
Rashladni učin [kW]	40	40
Učin grijanja [kW]	45	45
Radna tvar	<i>R-410A</i>	<i>R-410A</i>
Dimenzije (visinaxširinaxdubina) [mm]	1685x1240x765	1685x1240x765
Težina [kg]	304	356
Promjer cijevi (kapljevinaxplinaxplin) [mm]	12.7x28.6x22.2	12.7x28.6

4.2.2. Kat

Kat je podijeljen na dvije zone čije su unutarnje jedinice spojene na jednu vanjsku jedinicu tipa *REYQ16T* (*VRV IV s povratom topline*) specifikacija prikazanih u tablici 10. Korištena je tehnologija trocijevnog sustava iako se isto moglo postići korištenjem dva odvojena dvocijevna sustava. Sjeverozapadni dio čini jednu zonu te ima svoju *BS* kutiju. Zbog nemogućnosti spajanja svih unutarnjih jedinica jugoistočne zone na jednu kutiju s jednim priključkom, ova zona se podijelila na dvije kutije. Umjesto dvije kutije mogli smo staviti jednu s četiri priključka, međutim dvije kutije s po jednim priključkom su bolja opcija što se tiče financijskog troška.

Tablica 10: Specifikacije odabrane vanjske jedinice za kat

	<i>REYQ18T</i>
Učin u konjskim snagama [KS]	18
Rashladni učin [kW]	50.4
Učin grijanja [kW]	56.5
Radna tvar	<i>R-410A</i>
Dimenzije (visinaxširinaxdubina) [mm]	1685x1240x765
Težina [kg]	337
Promjer cijevi (kapljevinaxplinaxplin) [mm]	15.9x28.6x22.2

4.2.3. Galerija

Galerija ima samo tri prostorije koje rade u istom režimu rada te su unutarnje jedinice spojene dvocijevno na jednu vanjsku jedinicu tipa *RXYSQ6T8V* (VRV IV S-serija). Specifikacije ove jedinice pokazane su tablicom 11.

Tablica 11: Specifikacije odabrane vanjske jedinice za galeriju

	<i>RXYSQ6T8V</i>
Učin u konjskim snagama [KS]	6
Rashladni učin [kW]	15.5
Učin grijanja [kW]	18
Radna tvar	<i>R-410A</i>
Dimenzije (visina x širina x dubina) [mm]	1345x900x320
Težina [kg]	104
Promjer cijevi (kapljevina x plin) [mm]	9.5x19.1

4.3. Oprema VRV sustava

Kako je VRV zaštitni znak tvrtke *Daikin*, sva korištena oprema sustava odabrana je iz *Daikin*-ovog kataloga.^[6]

4.3.1. Unutarnje jedinice

Sve prostorije imaju isti tip unutarnjih jedinica koje se razlikuju prema učinku grijanja i hlađenja. Odabrana je kazetna jedinica s kružnim ispuhom zraka *FXFQ-A* prikazana slikom 13. Svaka kazetna jedinica ima pripadajući zidni upravljač tipa *BRC1H519W* na kojem se odabire željena temperatura prostora. Slika 14 prikazuje specifikacije kazetnih jedinica.



Slika 13: Kružna kazetna jedinica *FXFQ-A*

Unutarnja jedinica			FXFQ	20A	25A	32A	40A	50A	63A	80A	100A	125A
Rashladni učin	Ukupan učin	Nom.	kW	2,20	2,80	3,60	4,50	5,60	7,10	9,00	11,20	14,00
Učin grijanja	Ukupan učin	Nom.	kW	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0
Prijelazna snaga – 50 Hz	Hlađenje	Nom.	kW	0,04				0,05	0,06	0,09	0,12	0,19
	Grijanje	Nom.	kW	0,04				0,05	0,06	0,09	0,11	0,18
Dimenzije	Jedinica	Visina x širina x dubina	mm	204x840x840						246x840x840		288x840x840
Masa	Jedinica		kg	19		20		21		24		26

Slika 14: Specifikacije kazetnih jedinica FXFQ-A

4.3.2. Vanjske jedinice

U VRV sustavu uredske zgrade koriste se tri različita tipa vanjskih jedinica VRV IV s povratom topline, VRV IV s kontinuiranim grijanjem i VRV IV s-serija, ovisno o potrebnoj snazi i vrsti sustava.

4.3.2.1. VRV IV s povratom topline (REYQT)

To je zrakom hlađena dizalica topline trocijevne tehnologije s povratom topline. Zbog integriranog sustava grijanja i hlađenja omogućeno je ponovno iskorištavati toplinu iz ureda ili server prostorija za grijanje drugih prostorija ili proizvodnju tople vode što je prikazano slikom 15.



Slika 15: VRV IV sustav s povratom topline

4.3.2.2. VRV IV dizalica topline s kontinuiranim grijanjem (RYYQT)

To je zrakom hlađena dizalica topline dvocijevne tehnologije koja tijekom odleđivanja vanjske jedinice kontinuirano grije unutarnje prostorije.

4.3.2.3. VRV IV S-serija dizalica topline (RXYSQTV)

To je najkompaktnija zrakom hlađena dizalica topline dvocijevne tehnologije koja se koristi za manje toplinske kapacitete i nema kontinuirano grijanje prostorija tijekom odleđivanja vanjske jedinice.

4.3.3. BS kutija

BS kutija je kutija s ventilima koja određuje režim rada unutarnjih jedinica propuštanjem određene faze radne tvari. Svaka kutija ima ograničen učin unutarnjih jedinica koje se mogu prikopčati. Ako je potrebno prikopčati unutarnje jedinice s većim učinkom no što kutija podržava, odabire se kutija s većim brojem ulaza (4-6-8-10-12-16) ili više kutija s manjim brojem ulaza ovisno o isplativosti. Na slici 16 je prikazana BS kutija s četiri ulaza.

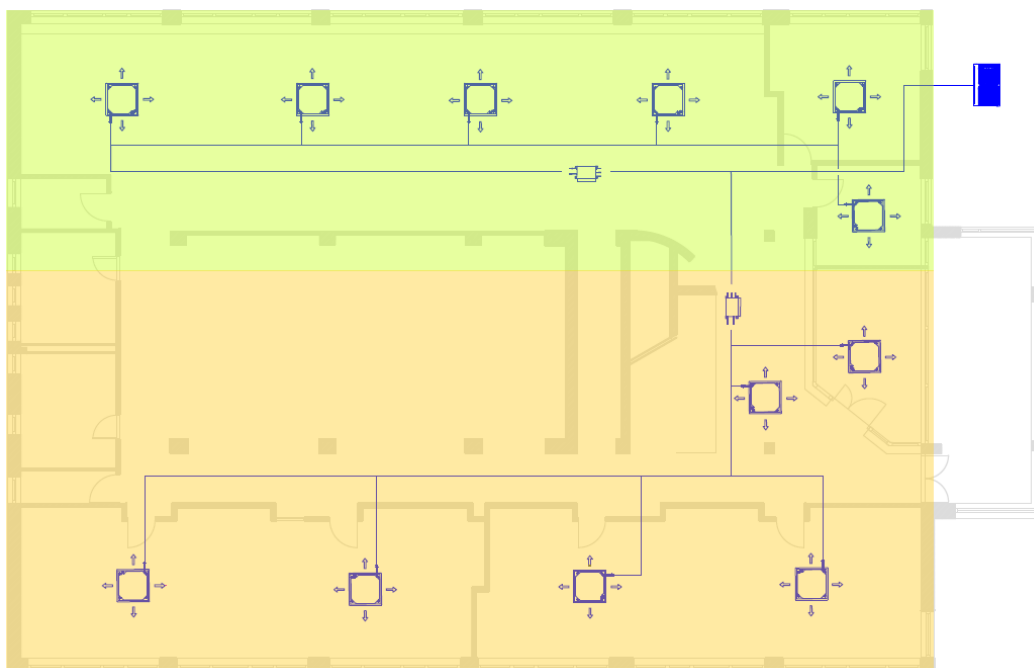


Slika 16: BS kutija s četiri ulaza

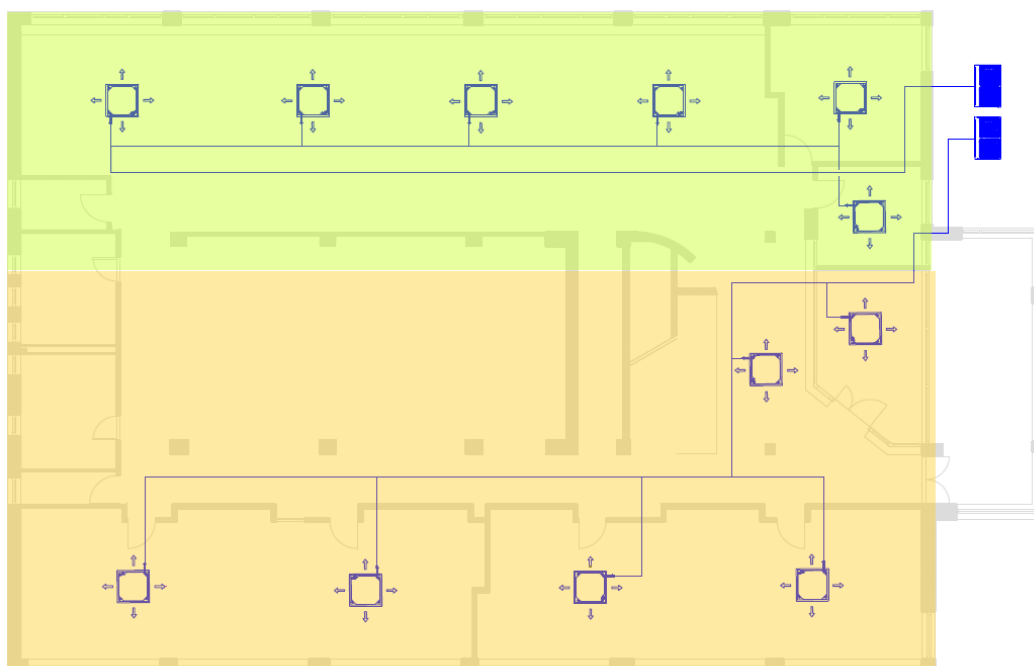
4.4. Usporedba mogućih rješenja VRV sustava

Moguće je projektirati VRV sustav na više različitih načina, a sve ovisi o ideji projektanta. U ovom slučaju zgrada se podijelila tako da svaka etaža ima zasebni sustav. Mogao se napraviti i jedan sustav koji podržava sve prostorije, a u tom slučaju bi imali vanjsku jedinicu ogromne snage zbog velike površine zgrade te velikih toplinskih opterećenja i pitanje je da li je uopće takva jedinica proizvedena. Slijedi usporedba dvocijevnog i trocijevnog rješenja VRV sustava na primjeru kata zgrade. Kat je podijeljen na dvije zone, istočnu i zapadnu prema sličnim toplinskim opterećenjima. Sve prostorije koje su u istoj zoni rade u istom režimu rada odnosno ili sve griju ili sve hlade, dok prostorije u drugoj zoni mogu raditi istovremeno u istom ili suprotnom režimu rada. Za kat je odabran trocijevni sustav što znači da su unutarnje jedinice iz obje zone spojene na istu vanjsku jedinicu. Iz vanjske jedinice prema svakoj zoni idu tri cijevi. Jedna vodi kapljevitu fazu koja služi za hlađenje, druga vodi plinsku fazu koja služi za grijanje a treća zatvara krug vodeći radnu tvar nazad u vanjsku jedinicu. Svaka zona ima svoju BS kutiju koja određuje koju fazu pušta u unutarnju jedinicu, odnosno hoće li ona grijati ili hladiti. Prema ovom rješenju svaka zona može imati režim rada neovisan o drugoj zoni. Isto to

smo mogli postići korištenjem dvaju odvojenih dvocijevnih sustava. U dvocijevnom sustavu iz vanjske jedinice prema unutarnjim jedinicama vode dvije cijevi, jedna s plinskom i jedna s kapljevitom fazom. U svim unutarnjim jedinicama odvija se isti proces ovisno o smjeru ciklusa radne tvari. Prema tome sve jedinice istovremeno ili griju ili hlade, tako da se jedan dvocijevni sustav mora staviti za jednu zonu. Sljedeće slike pokazuju ta dva rješenja. Zelenom bojom je označena zapadna zona, a narančastom bojom istočna zona.



Slika 17: Jedan trocijevni sustav za dvije zone odvojene BS kutijama



Slika 18: Dva dvocijevna sustava, svaki za jednu zonu

5. VENTILACIJA

Proces ventilacije u zgradama je izmjena unutarnjeg onečišćenog zraka s vanjskim svježim zrakom. Ventilacijski zrak se koristi za ostvarivanje prihvatljive kvalitete zraka u ventiliranim prostorijama. Uredska zgrada ima prostorije u unutrašnjosti zgrade koje nije moguće prozračivati otvaranjem prozora te je potrebna mehanička ventilacija. To osigurava klima jedinica za pripremu zraka smještena u strojarnici u prizemlju zgrade. Kanali, odnosno kanalski razvodi osiguravaju distribuciju zraka do pojedinih prostora. Ventilirane prostorije su uravnoteženog tlaka jer je protok zraka koji se dobavlja prostorijama jednak protoku zraka odvedenog iz prostorija. Kako bi dimenzionirali kanale, potrebnu opremu i jedinicu za pripremu zraka potrebno je prvo izračunati ventilacijske zahtjeve prostorija.

5.1. Ventilacijski zahtjevi prostorija

Ventilacijski zahtjevi prostorija su protoci vanjskog zraka koji se ubacuje u prostorije i odabirani su prema najvećoj vrijednosti protoka zraka određenih različitim metodama. Korištene su metode ventilacijskih zahtjeva prema broju izmjena zraka, prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku, prema broju osoba koje borave u prostoriji^[7] i prema normi EN 15251^[8].

5.1.1. Ventilacijski zahtjevi prema broju izmjena zraka

Protok vanjskog zraka računa se prema sljedećem izrazu:

$$V_{su[m^3/h]} = ACH * V_{i[m^3]} [m^3/h]$$

Pri čemu je ACH broj izmjena zraka na sat [h^{-1}] koji ovisi o volumenu prostora, obliku, namjeni, aktivnostima i slično. Za uobičajene stambene i poslovne prostore ACH je u rasponu 4-8 h^{-1} . Za ventilirane prostorija uredske zgrade čija je namjena korištenja za sastanke uzeto je četiri izmjene zraka na sat. Sljedeća tablica pokazuje izračun.

Tablica 12: Ventilacijski zahtjevi prostorija prema broju izmjene zraka

Prostorija	A [m ²]	H [m]	V _i [m ³]	ACH [h ⁻¹]	V _{su} [m ³ /h]
P17	11.984	4.53	54.287	4	217
P18	13.054	4.53	59.134	4	237
P19	24.752	4.53	112.126	4	449
P20	24.871	4.53	112.66	4	451
P21	26.180	4.53	118.59	4	474

5.1.2. Ventilacijski zahtjevi prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača u zraku

Zagađivači utječu na zdravlje osoba koje borave u prostorijama, a to su različiti plinovi, pare, nebiološke čestice, bioaerosoli i slično. U uredskim prostorijama na kvalitetu zraka za disanje utječe količina ugljikovog dioksida. Unutarnja koncentracija ugljikovog dioksida mora zadovoljiti određene vrijednosti propisane u normama te je uzeta dopuštena vrijednost od 7.7 L/s po osobi. Ventilacijski zahtjevi računaju se prema sljedećem izrazu:

$$V_{su[m^3/h]} = n * V_{CO2} [m^3/h]$$

Pri čemu je n broj osoba koje borave u prostoriji, a V_{CO2} dopuštena količina ugljikovog dioksida po osobi. Sljedeća tablica pokazuje izračun.

Tablica 13: Ventilacijski zahtjevi prostorija prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača

Prostorija	n	V_{CO2} [l/s]	V_{su} [m ³ /h]
P17	6	7.7	166
P18	8	7.7	222
P19	8	7.7	222
P20	7	7.7	194
P21	12	7.7	333

5.1.3. Ventilacijski zahtjevi prema broju osoba

ASHRAE Standard 62 preporuča minimalnu dobavu vanjskog zraka po osobi za disanje u zatvorenom prostoru u iznosu od 30 m³/h. Ventilacija po osobi može biti i izdašnija, ovisno o namjeni i aktivnosti u prostoriji. U prostorima predviđenim za pušenje, dobava vanjskog zraka mora biti povećana za minimalno 20 m³/h po osobi. Ventilacijski zahtjevi računaju se prema sljedećem izrazu:

$$V_{su[m^3/h]} = n * V_{op} [m^3/h]$$

Pri čemu je n broj osoba koje borave u prostoriji, a V_{op} preporučeni ventilacijski minimum. Sljedeća tablica prikazuje izračun.

Tablica 14: Ventilacijski zahtjevi prostorija prema dopuštenoj koncentraciji zagađivača

Prostorija	n	V_{op} [m ³ /h]	V_{su} [m ³ /h]
P17	6	30	180
P18	8	30	240
P19	8	30	240
P20	7	30	210
P21	12	30	360

5.1.4. Ventilacijski zahtjevi prema EN 15251

Ovom metodom se određuje preporučena ventilacijska dobava zraka ovisno o broju ljudi i površini prostorije. Računa se prema sljedećem izrazu:

$$V_{bz} = R_p P_z + R_a A_z \text{ [m}^3/\text{h]}$$

A_z - površina poda prostorije [m²]

P_z - broj osoba

R_p - ventilacijski zahtjev po osobi (baziran na *ASHRAE Standard 62*) [m³/h]

R_a - ventilacijski zahtjev po kvadratu prostora [l m²/s]

Podatak za R_a je očitao iz tablice u normi. Tablica 15 pokazuje izračun.

Tablica 15: Ventilacijski zahtjevi prostorija prema normi EN 15251

Prostorija	A_z [m ²]	P_z	R_p [l/s]	R_a [l m ² /s]	V_{bz} [m ³ /h]
P17	11.984	6	7	0.7	181
P18	13.054	8	7	0.7	234
P19	24.752	8	7	0.7	264
P20	24.782	7	7	0.7	239
P21	26.18	12	7	0.7	368

5.1.5. Odabrani ventilacijski zahtjevi

Nakon usporedbe potrebnog protoka zraka prema različitim metodama, odabire se maksimalna vrijednost prikazana u sljedećoj tablici.

Tablica 16: Ventilacijski zahtjevi prostorija

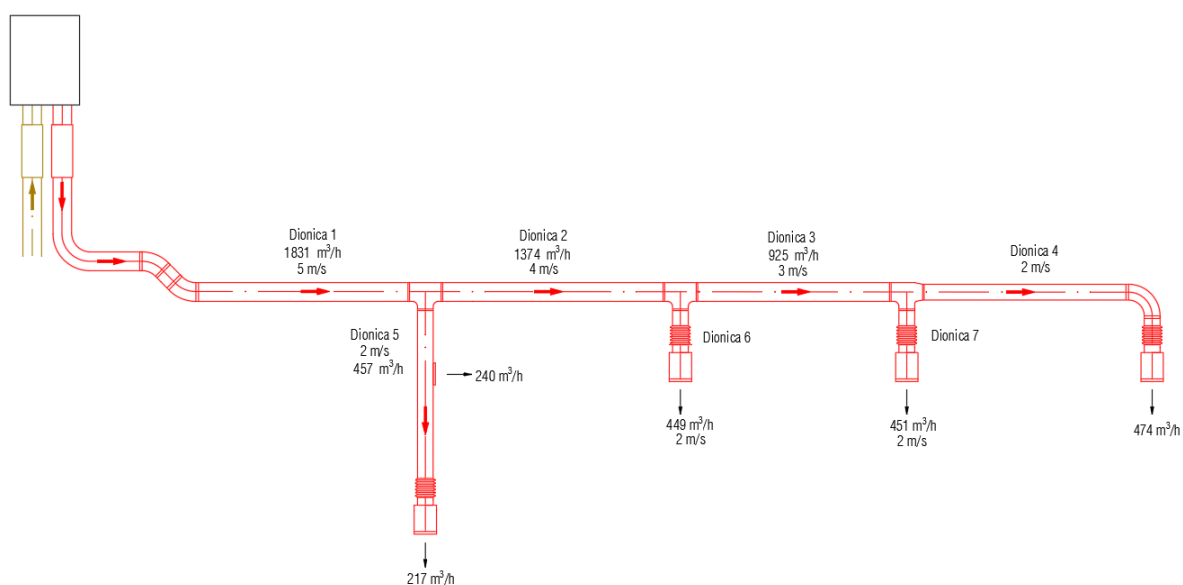
Prostorija	V_{su} [m ³ /h]
P17	217
P18	240
P19	449
P20	451
P21	474

5.2. Dimenzioniranje kanala i proračun pada tlaka u kritičnoj dionici

5.2.1. Dimenzioniranje kanala

Odabrani su kanali kružnog presjeka jer nude bolja hidraulička svojstva u odnosu na kanale pravokutnog presjeka što se pokazuje manjim otporom strujanja zraka, manjim propuštanjem zraka te većom čvrstoćom. Kanali su dimenzionirani metodom konstantne

brzine, početna brzina od 5 m/s se smanjuje prema distribucijskim elementima u kojima iznosi oko 2 m/s. Preporučeno je da se ne prelazi ova brzina strujanja u distributerima zbog stvaranja buke pri većim brzinama koja može smetati korisnicima. Dimenzioniranje je provedeno u računalnom programu *Excel* te je prikazano tablicom 17 u kojoj l označava duljinu dionice, V zahtijevani protok zraka, a d odabranu dimenziju kanala za dovod zraka. Sljedeća slika prikazuje podjelu dobavnog ventilacijskog sustava na dionice s potrebnim protokom i proračunskim brzinama strujanja. Kanalski sustav odsisa je simetričan sustavu dvoda te ima iste protoke i brzine u simetričnim dionicama zbog čega su i njegovi kanali istih dimenzija.



Slika 19: Podjela ventilacijskog sustava dobave na dionice

Tablica 17: Dimenzioniranje cijevi za ventilaciju

Dionica	l [m]	V_h [m³/h]	V_s [m³/s]	v [m/s]	A [m²]	d [m]	d norm [m]	A nova [m²]	v nova [m/s]
1	14.14	1831	0.509	5	0.102	0.360	0.355	0.099	5.1
2	4.84	1374	0.382	4	0.095	0.349	0.355	0.099	3.9
3	4.31	925	0.257	3	0.086	0.330	0.355	0.099	2.6
4	5.33	474	0.132	2	0.066	0.290	0.300	0.071	1.9
5	3.57	457	0.127	2	0.063	0.284	0.300	0.071	1.8
6	0.66	449	0.125	2	0.062	0.282	0.300	0.071	1.8
7	0.66	451	0.125	2	0.063	0.282	0.300	0.071	1.8

5.2.2. Pad tlaka u kritičnoj dionici

Kritična dionica ventilacijskog sustava je ona s najvećim padom tlaka u sustavu. Pad tlaka je potrební parametar za odabir tlačnog i odsisnog ventilatora. Pad tlaka se javlja zbog linijskih i lokalnih gubitaka. R su linijski gubici po metru u kanalima, a očitani su iz dijagrama knjige *ASHRAE Handbook*, preko brzine strujanja zraka i promjera cijevi te pomnoženi sa duljinama pojedinih dionica. Lokalni gubici su izračunati prema sljedećem izrazu, u kojem ζ predstavlja koeficijent lokalnih gubitaka u račvama, također očitane iz navedene literature.

$$Z = \sum \zeta * \frac{\rho * v^2}{2}$$

U tablici 18 je prikazan proračun pada tlaka pojedinih dionica u sumi s padovima tlaka zbog prigušivača buke i distributera te konačni rezultat proračuna. Odsisni kanalni sustav je simetričan te ima iste brzine strujanja, jedino se razlikuje u nešto dužem kanalnom sustavu jer ide drugim hodnikom te je pad tlaka nešto veći i iznosi 94 Pa.

Tablica 18: Pad tlaka u kritičnoj dionici dobavnog kanalnog sustava

Dionica	R [Pa/m]	R*I [Pa]	$\sum \zeta$	P_{din} [Pa]	Z [Pa]	R*I+Z [Pa]	Ukupni Δp [Pa]
1	0.8	11.312	0.55	15.843	8.714	20.026	40.026
2	0.55	2.662	1.2	8.921	10.706	13.368	13.368
3	0.25	1.0775	1.2	4.043	4.852	5.929	5.929
4	0.2	1.066	0.27	2.082	0.562	1.628	21.628
						Σ	80.951

5.3. Ventilacijska oprema

Slijedi odabir ventilacijske opreme iz kataloga tvrtke *Klimaoprema*^[9] koja uključuje distributere zraka: kutije i rešetke te prigušivače zvuka. Jedinica za pripremu vanjskog zraka sa dizalicom topline odabrana je iz *Daikin* kataloga.

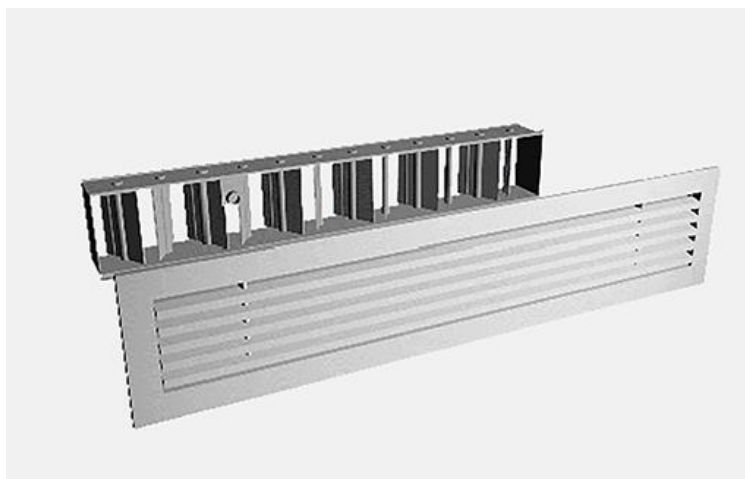
5.3.1. Distributeri zraka

Za distribuciju zraka u prostorije potrebna je kutija *Plenum Box* za spoj na ventilacijske kanale te je iz kataloga odabrana kutija tipa *PK2*. Također su potrebne i rešetke, a odabran je tip s horizontalnim lamelama *OAH1* i regulacijskim žaluzinama *L*. Oprema se odabire prema protočnoj količini ventilacijskog zraka potrebnog u prostoriji, a iznosi su približni za dvije

manje prostorije (*P17* i *P18*) i tri veće (*P19*, *P20* i *P21*). U dvije manje prostorije zrak se dobavlja istim kanalom pa imamo jednu dimenziju za kutiju i rešetke za sve prostorije. U tablici 19 su nazivi odabrane opreme pri čemu *UR* označava instalacijski okvir, *G2* vrstu filtera, a *L* vrstu regulacijskih žaluzina. Kutije se spajaju na promjer cijevi 300 mm što nije vidljivo u nazivu, a duljine su im 500 mm. Dimenzije rešetke su u nazivu širina puta visina. Sljedeće slike prikazuju odabranu opremu.

Tablica 19: Odabrane kutije i rešetke

kutija	rešetka
PK2-UR-425x325	OAH1-L-UR-425x325-G2



Slika 20: Rešetka s regulacijskim žaluzinama



Slika 21: Plenum

5.3.2. Prigušivač zvuka

U ventilacijskim sustavima buka nastaje zbog raznih komponenti kao što su ventilatori ili protupožarne zaklopke. Radi smanjenja razine buke, na prikladna mjesta u ventilacijskom sustavu dodaju se prigušivači zvuka. Prigušivači zvuka moraju imati odgovarajuće mogućnosti prigušivanja i mali otpor zraka. Iz kataloga je odabran cilindrični prigušivač zvuka s jezgrom oznake *PZC-J-400-1000*. Duljina mu je 1000 mm, a promjer 400 mm što je za jednu dimenziju veće od promjera cijevi da ne dođe do promjene brzine strujanja. Prikazan je slikom 22.



Slika 22: Prigušivač zvuka

5.3.3. Rešetka s mrežicom za vanjski kanal

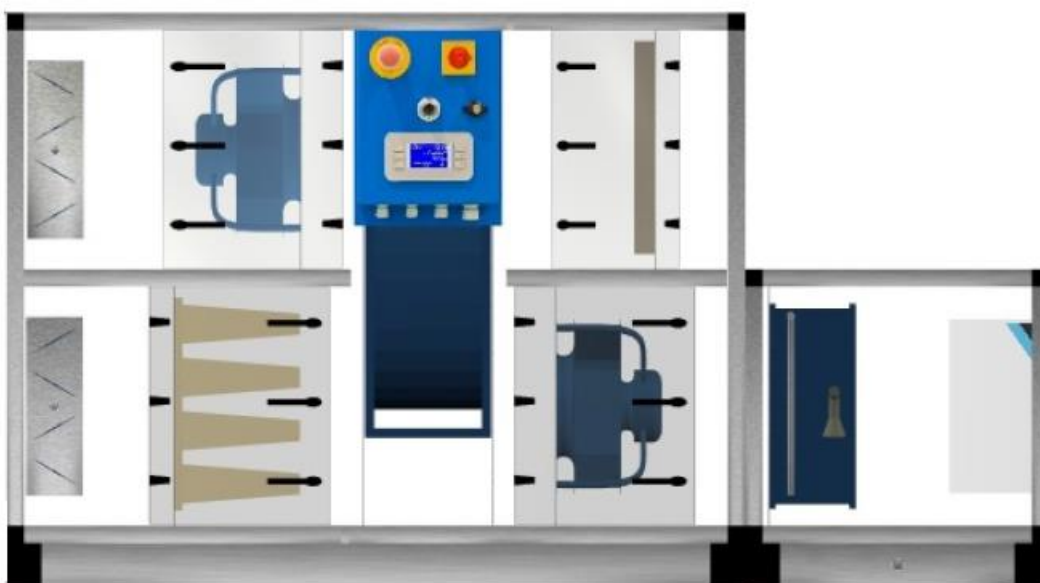
Kako bi se osiguralo da u ventilacijsku jedinicu za pripremu zraka ne uđe ništa osim zraka potrebno je na vanjski kanal staviti rešetku s mrežicom. Klima komora ima pravokutne otvore za vanjske kanale pa je stavljena i pravokutna rešetka s mrežicom *FZ* dimenzija 410x480 mm prikazana slikom 23.



Slika 23: Rešetka s mrežicom

5.3.4. Jedinica za pripremu zraka

Slika 24 prikazuje klima komoru za pripremu zraka za ventilaciju na kojoj se mogu vidjeti njeni sastavni dijelovi. Okolišni zrak ulazi kroz vanjski kanal i prvo prolazi kroz žaluzinu na dobavnoj strani nakon čega prolazi kroz filter. Nakon toga, okolišnom zraku, se mijenja temperatura prolaskom kroz rotirajući izmjenjivač za povrat topline. Ako se u ovom izmjenjivaču temperatura zraka promijenila do temperature ubacivanja, onda se tlačnim ventilatorom ubacuje u prostoriju. Ako temperatura zraka nije postigla temperaturu ubacivanja u prostoriju, moramo koristiti izmjenjivače topline koji će taj zrak dodano grijati ili hladiti. U ovom slučaju za to koristimo dizalicu topline. *DX (ebg. Direct Expansion)* jedinica propušta kondenzirano rashladno sredstvo kroz svitak preko kojeg zrak direktno prolazi i tako se hladi. Zrak koji odsisni ventilator izvlači iz prostorije prvo prolazi kroz filter a zatim kroz izmjenjivač za povrat topline te se kroz žaluzine i vanjski kanal izbacuje u okoliš. Na jedinici se još nalazi i ploča za regulaciju.



Slika 24: Klima komora za pripremu zraka

Prema izračunatim ventilacijskim zahtjevima u iznosu od $1831 \text{ m}^3/\text{h}$ zraka, odabire se jedinica za pripremu zraka *D-AHU Modular* veličine 2 protočnog volumena $1700 \text{ m}^3/\text{h}$. Odabrana klima komora ima nešto manji protok od zahtijevanog, ali prva veća jedinica veličine 3 ima protok $2700 \text{ m}^3/\text{s}$ te je veličina 2 bolja opcija. Ovo je komora unutarnje ugradnje, a smještena je u prostoriji *P5* u prizemlju. Njene specifikacije su prikazane u tablici 20. Odabrana je

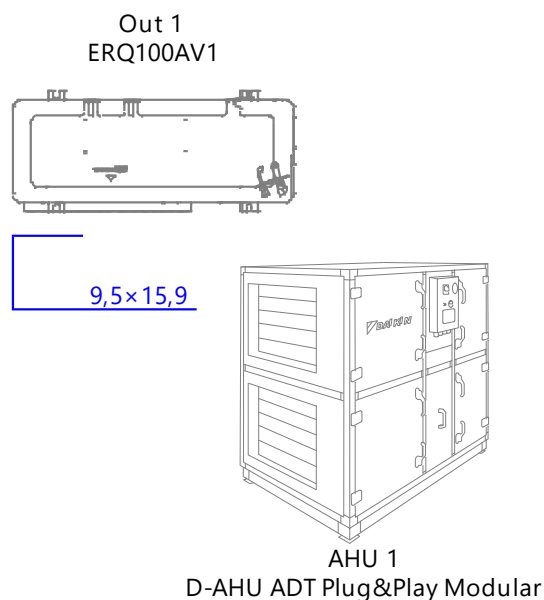
ERQ100AV1 kondenzacijska jedinica za primjenu s klima komorom što je prikazano slikom 25. Njene specifikacije su prikazane u tablici 21.

Tablica 20: Specifikacije klima komore za pripremu zraka

	D-AHU-2
Protok [m ³ /h]	1700
Pad tlaka [Pa]	200
Priključna snaga [kW]	0.89
Dimenzije [mm]	1320x1700x820
Težina [kg]	350
Razina buke na 1m [dB]	43

Tablica 21: Specifikacije kondenzacijske jedinice

	ERQ100AV1
Učin u konjskim snagama [KS]	4
Rashladni učin [kW]	11.2
Učin grijanja [kW]	12.5
Radna tvar	R-410A
Dimenzije (visina x širina x dubina) [mm]	1345x900x320
Težina [kg]	120
Promjer cijevi (kapljevina x plin) [mm]	9.5x15.9



Slika 25: Shema jedinice za pripremu zraka i dizalice topline

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je projektno rješenje sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije poslovne zgrade smještene u Zagrebu. Prema vanjskoj projektnoj temperaturi za ljeto i zimu proračunato je toplinsko opterećenje zgrade prema normama *HRN EN 12831* i *VDI 2078*. Sustav grijanja i klimatizacije integriran je i izveden preko *VRV* tehnologije. Kod projektiranja *VRV* sustava zgrada je podijeljena na etaže, pri čemu svaka etaža ima zasebni sustav. Unutar etaže prostor se podijelio na zone koje imaju slična toplinska opterećenja. Za neke zone se koristio dvocijevni sustav, a za neke trocijevni ovisno o režimima rada prostorija koje se nalaze u tim zonama. Kod trocijevnog sustava odabrane su BS kutije koje određuju režim rada prostorija koje su na njih spojene. Prilikom odabira unutarnjih jedinica pazilo se na toplinske zahtjeve pojedinih prostorija kako bi se postigla toplinska ugodnost uz potrebnu funkcionalnost i učinkovitost. Odabrane su kazetne jedinice s kružnim protokom zraka različitih snaga, ovisno o potrebama prostorija. Za funkcioniranje unutarnjih jedinica potrebne su četiri vanjske jedinice koje pokrivaju opterećenja od unutarnjih jedinica spojenih na njih. Vanjske jedinice su različitih snaga i tipova tako da imamo dvije trocijevne *VRV IV* dizalice topline s povratom topline, od kojih jedna pokriva kat, a druga jednu zonu prizemlja. I dvije dvocijevne. Jedna je tipa *VRV IV* s kontinuiranim grijanjem koja pokriva drugi, veći dio prizemlja s više zona, a druga vanjska jedinica pokriva samo tri prostorije galerije te je *VRV IV S-serije* koja se koristi za mala toplinska opterećenja. Ventilacija je izvedena za unutarnje prostorije prizemlja prema maksimalnim ventilacijskim zahtjevima prostorija određenih različitim normama. Zrak je distribuiran po prostorijama preko priključnih kutija s ventilacijskim rešetkama kroz koje se zrak ubacuje u prostoriju i odvodi iz nje. Dobavni i odsisni kanali, kroz koje ide isti protočni volumen zraka, su provedeni kroz dva hodnika uzduž prostorija tako da je njihov raspored simetričan te su im iste dimenzije kanala po istim dionicama. Na kanalima dobave i odsisa, koji vode u klima jedinicu, stavljeni su prigušivači buke. Ventilacijski zrak potrebnog protoka od $1831 \text{ m}^3/\text{h}$ se priprema u klima komori smještenoj u prizemlju. Ovo je idejno rješenje sustava najnovije tehnologije koji pruža najveću razinu toplinske ugodnosti i uštede energije. Međutim, zbog velikog investicijskog troška, njegova izvedba ovisi o tome koliko je vlasništvo zgrade spremno uložiti u *GViK* sustav.

LITERATURA

- [1] Balen I., Smoljan D.: Uvod u klimatizaciju
- [2] Virta M., Hovorka F., Litiu A., Kurnitski J.: HVAC in Sustainable Office Buildings
- [3] HRN EN 12831:2003
- [4] Balen I., Smoljan D.: Klimatizacija, Toplinsko opterećenje – Hlađenje
- [5] <https://www.toshiba-klima.at/hr>
- [6] <https://www.daikin.hr/content/dam/dace-hr/literature/VRV%20Katalog%202018.pdf>
- [7] Balen I., Smoljan D.: Klimatizacija, Klimatizacija – Ventilacijski zahtjevi
- [8] https://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/04-2012/revision-of-en-15251_rj1204.pdf
- [9] <http://www.klimaoprema.hr/hr/hvac/>

PRILOZI

- I. Proračun toplinskog opterećenja, *IntegraCAD*
- II. *Daikin VRV* izvještaj
- III. *Daikin* klima komora
- IV. Tehnički crteži
- V. CD-R

PRILOG I

Proračun toplinskog opterećenja, *IntegraCAD*

Projekt: Upravna zgrada

Toplinska bilanca

K1 Prizemlje													
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)			
P1	Ured	17	20	1798	301	1147	350	0	- 1798	0			
P2	Ured	39	20	4125	788	2557	780	0	- 4125	0			
P3	Ured	38	20	3999	684	2540	775	0	- 3999	0			
P4	Ured	12	20	1302	252	805	245	0	- 1302	0			
P5	Prostorija	14	20	799	280	234	285	0	- 799	0			
P6	Prostorija	21	20	1252	464	355	433	0	- 1252	0			
P7	Prostorija	8	20	373	58	142	173	0	- 373	0			
P8	Blagovaona	170	20	14873	3113	8359	3401	0	- 14873	0			
P9	Prostorija	7	20	456	170	129	157	0	- 456	0			
P10	Prostorija	5	20	267	103	83	81	0	- 267	0			
P11	WC	6	15	410	4	275	131	0	- 410	0			
P12	WC	5	15	362	3	243	116	0	- 362	0			
P13	Ured	17	20	1870	352	1163	355	0	- 1870	0			
P14	Ured	38	20	3960	626	2555	779	0	- 3960	0			
P15	Ured	39	20	4029	687	2561	781	0	- 4029	0			
P16	Ured	34	20	3837	874	2270	693	0	- 3837	0			
P17	Prostorija	13	20	366	33	62	271	0	- 366	0			
P18	Prostorija	14	20	414	36	82	296	0	- 414	0			
P19	Prostorija	27	20	694	44	108	542	0	- 694	0			
P20	Prostorija	27	20	708	44	110	554	0	- 708	0			
P21	Prostorija	28	20	743	46	125	572	0	- 743	0			
P22	Prostorija	11	20	1156	722	196	238	0	- 1156	0			
P23	Hodnik	10	20	662	279	173	210	0	- 662	0			
P24	Hodnik	39	20	1496	64	645	787	0	- 1496	0			
P25	Hodnik	38	20	1479	73	633	773	0	- 1479	0			
P26	Hodnik	82	20	3881	870	1356	1655	0	- 3881	0			
	Ukupno: Prizemlje			55311	10970	28908	15433	0	- 55311				
K2 Kat													
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)			
P1	Ured	20	20	2171	577	1175	419	0	- 2171	0			
P2	Prostorija	15	20	1244	77	861	306	0	- 1244	0			
P3	Prostorija	10	20	979	171	596	212	0	- 979	0			
P4	Prostorija	3	20	255	139	48	68	0	- 255	0			
P5	WC	11	15	820	168	418	234	0	- 820	0			

P6	WC	11	15	805	173	405	227	0	- 805	0				
P7	Prostorija	4	20	315	153	67	95	0	- 315	0				
P8	Ured	64	20	6222	1351	3591	1280	0	- 6222	0				
P9	Ured	66	20	6386	1308	3744	1334	0	- 6386	0				
P10	Prostorija	29	20	2227	1215	417	595	0	- 2227	0				
P11	Prostorija	10	20	605	236	152	217	0	- 605	0				
P12	Prostorija	73	20	2513	0	1036	1477	0	- 2513	0				
P13	Prostorija	24	20	991	142	350	499	0	- 991	0				
P14	Ured	147	20	13526	2284	8288	2954	0	- 13526	0				
P15	Prostorija	43	20	1487	0	613	874	0	- 1487	0				
P16	Prostorija	21	20	844	109	303	432	0	- 844	0				
	Ukupno: Kat			41390	8103	22064	11223	0	- 41390					
K3	Galerija													
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)				
P1	Ured	30	20	3478	677	2191	610	0	- 3478	0				
P2	Hodnik	16	20	770	128	304	338	0	- 770	0				
P3	Ured	40	20	4454	727	2915	812	0	- 4454	0				
P4	Prostorija	28	20	1739	653	514	572	0	- 1739	0				
	Ukupno: Galerija			13050	3406	7312	2332	0	- 13050					
	Ukupno:			109751	22479	58284	0	0	- 109751					

Projekt: Upravna zgrada

Rekapitulacija za objekt Bilanca hlađenja

	21. Lipanj	23. Srpanj	24. Kolovoz	22. Rujan
K1 Prizemlje \ P1 Ured	2150	2084	1870	1547
K1 Prizemlje \ P2 Ured	9466	9307	8634	7601
K1 Prizemlje \ P3 Ured	8187	8022	7537	6806
K1 Prizemlje \ P4 Ured	2366	2305	2094	1774
K1 Prizemlje \ P5 Prostorija	581	559	472	340
K1 Prizemlje \ P6 Prostorija	41	45	42	37
K1 Prizemlje \ P7 Prostorija	30	31	30	29
K1 Prizemlje \ P8 Blagovaona	7444	7224	6122	4418
K1 Prizemlje \ P9 Prostorija	470	454	382	275
K1 Prizemlje \ P10 Prostorija	172	176	173	168
K1 Prizemlje \ P11 WC	15	20	16	9
K1 Prizemlje \ P12 WC	15	19	16	10
K1 Prizemlje \ P13 Ured	2614	2544	2247	1789
K1 Prizemlje \ P14 Ured	7667	7558	7130	6478
K1 Prizemlje \ P15 Ured	8217	8079	7569	6794
K1 Prizemlje \ P16 Ured	7741	7576	6993	6104
K1 Prizemlje \ P17 Prostorija	618	627	620	605
K1 Prizemlje \ P18 Prostorija	808	818	810	794
K1 Prizemlje \ P19 Prostorija	840	858	843	813
K1 Prizemlje \ P20 Prostorija	268	287	271	240
K1 Prizemlje \ P21 Prostorija	1374	1393	1377	1345
K1 Prizemlje \ P22 Prostorija	3161	3044	2542	1763
K1 Prizemlje \ P23 Hodnik	31	38	32	21
K1 Prizemlje \ P24 Hodnik	125	152	129	86
K1 Prizemlje \ P25 Hodnik	125	151	129	86
K1 Prizemlje \ P26 Hodnik	1147	1158	976	681
K2 Kat \ P1 Ured	1065	1084	1017	940
K2 Kat \ P2 Prostorija	808	817	810	795
K2 Kat \ P3 Prostorija	698	702	682	655
K2 Kat \ P4 Prostorija	34	36	33	29
K2 Kat \ P5 WC	67	74	66	52
K2 Kat \ P6 WC	64	70	62	49
K2 Kat \ P7 Prostorija	37	40	36	31
K2 Kat \ P8 Ured	9317	9649	10289	10701
K2 Kat \ P9 Ured	9240	9567	10204	10616
K2 Kat \ P10 Prostorija	1114	1215	1218	1150
K2 Kat \ P11 Prostorija	31	37	32	22
K2 Kat \ P12 Prostorija	234	277	241	170
K2 Kat \ P13 Prostorija	77	92	79	56
K2 Kat \ P14 Ured	13528	13650	13292	12864

K2 Kat \ P15 Prostorija	125	150	129	87
K2 Kat \ P16 Prostorija	62	74	64	44
K3 Galerija \ P1 Ured	1780	1845	1924	1959
K3 Galerija \ P2 Hodnik	47	59	49	29
K3 Galerija \ P3 Ured	4691	4805	4976	5070
K3 Galerija \ P4 Prostorija	107	128	109	72
K3 Galerija \ P5 Prostorija	22	159	45	- 181
K3 Galerija \ P6 Prostorija	9	64	18	- 73
Sat	13	13	13	13
Ukupno (W)	108830	109123	104431	95750

Projekt: Upravna zgrada

Rekapitulacija po prostorijama Bilanca hlađenja

Prizemlje

	Qsuho (W)	Qvlažno (W)	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
P1 Ured	1964	186	2150	21. Lipanj 13h
P2 Ured	8869	597	9466	21. Lipanj 13h
P3 Ured	7627	560	8187	21. Lipanj 13h
P4 Ured	2254	112	2366	21. Lipanj 13h
P5 Prostorija	581	0	581	21. Lipanj 13h
P6 Prostorija	50	0	50	23. Srpanj 15h
P7 Prostorija	34	0	34	23. Srpanj 16h
P8 Blagovaona	7444	0	7444	21. Lipanj 13h
P9 Prostorija	470	0	470	21. Lipanj 13h
P10 Prostorija	94	90	184	23. Srpanj 16h
P11 WC	23	0	23	23. Srpanj 16h
P12 WC	22	0	22	23. Srpanj 16h
P13 Ured	2428	186	2614	21. Lipanj 13h
P14 Ured	7107	560	7667	21. Lipanj 13h
P15 Ured	7657	560	8217	21. Lipanj 13h
P16 Ured	7293	448	7741	21. Lipanj 13h
P17 Prostorija	424	232	656	23. Srpanj 16h
P18 Prostorija	545	309	854	23. Srpanj 16h
P19 Prostorija	591	309	900	23. Srpanj 16h
P20 Prostorija	231	77	308	23. Srpanj 16h
P21 Prostorija	996	464	1460	23. Srpanj 16h
P22 Prostorija	3161	0	3161	21. Lipanj 13h
P23 Hodnik	43	0	43	23. Srpanj 15h
P24 Hodnik	172	0	172	23. Srpanj 16h
P25 Hodnik	171	0	171	23. Srpanj 16h
P26 Hodnik	1158	0	1158	23. Srpanj 13h

Kat

	Qsuho (W)	Qvlažno (W)	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
P1 Ured	905	188	1093	23. Srpanj 14h
P2 Prostorija	543	309	852	23. Srpanj 16h
P3 Prostorija	1283	202	1485	21. Svibanj 9h
P4 Prostorija	129	0	129	23. Srpanj 16h
P5 WC	217	0	217	23. Srpanj 16h
P6 WC	276	0	276	23. Srpanj 16h
P7 Prostorija	141	0	141	23. Srpanj 16h

P8 Ured	9917	784	10701	22. Rujan 13h
P9 Ured	9832	784	10616	22. Rujan 13h
P10 Prostorija	2706	0	2706	21. Lipanj 8h
P11 Prostorija	42	0	42	23. Srpanj 16h
P12 Prostorija	312	0	312	23. Srpanj 16h
P13 Prostorija	104	0	104	23. Srpanj 16h
P14 Ured	13150	967	14117	23. Srpanj 16h
P15 Prostorija	170	0	170	23. Srpanj 16h
P16 Prostorija	84	0	84	23. Srpanj 15h
Galerija				
	Qsuho (W)	Qvlažno (W)	Qukupno (W)	Datum i vrijeme
P1 Ured	1549	410	1959	22. Rujan 13h
P2 Hodnik	68	0	68	23. Srpanj 15h
P3 Ured	4622	448	5070	22. Rujan 13h
P4 Prostorija	319	0	319	23. Srpanj 16h

PRILOG II

Daikin VRV izvještaj



VRV Selection

Project Report

Report details

Produced on: 2/20/2019

Application version: 2019.2.18.1

Project details

Project name: zavrsni

Solution name: Unnamed solution (1)

Client Name:

Customer reference:

Quotation reference:

Selection parameters of the indoor units can be found in the Engineering Data Books

Selection parameters of the outdoor units can be found in the Engineering Data Books

Only the data published in the data book are correct. This program uses close approximations of these data.



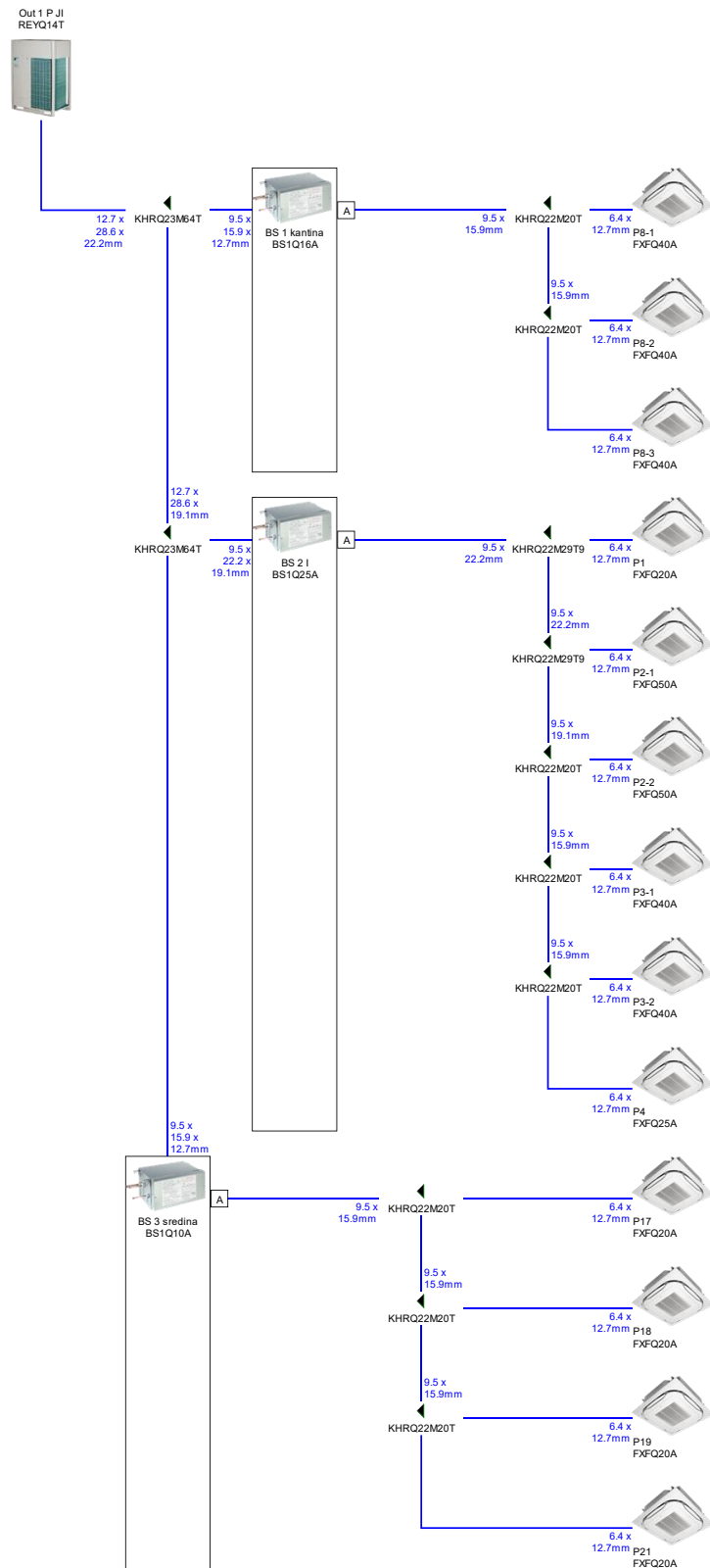
Material list

Model	Quantity	Description
REYQ14T	1	REYQ-T (VRV IV)
RYYQ14T	1	RYYQ-T (VRV IV Continuous Heating)
REYQ18T	1	REYQ-T (VRV IV)
RXYSQ6T8V	1	RXYSQ-TV1 (VRV IV Mini Standard 1phase)
BS1Q16A	2	Branch selector unit
BS1Q25A	2	Branch selector unit
BS1Q10A	2	Branch selector unit
FXFQ40A	11	FXFQ-A - Round flow cassette
FXFQ20A	10	FXFQ-A - Round flow cassette
FXFQ50A	6	FXFQ-A - Round flow cassette
FXFQ25A	4	FXFQ-A - Round flow cassette
FXFQ32A	8	FXFQ-A - Round flow cassette
KHRQ23M64T	3	Refnet branch piping kit
KHRQ22M20T	23	Refnet branch piping kit
KHRQ22M29T9	4	Refnet branch piping kit
KHRQ22M64T	4	Refnet branch piping kit
KHRQ23M29T9	1	Refnet branch piping kit
BYCQ140D	39	Standard decoration panel
BRC1H519W	39	Remote controller (white)



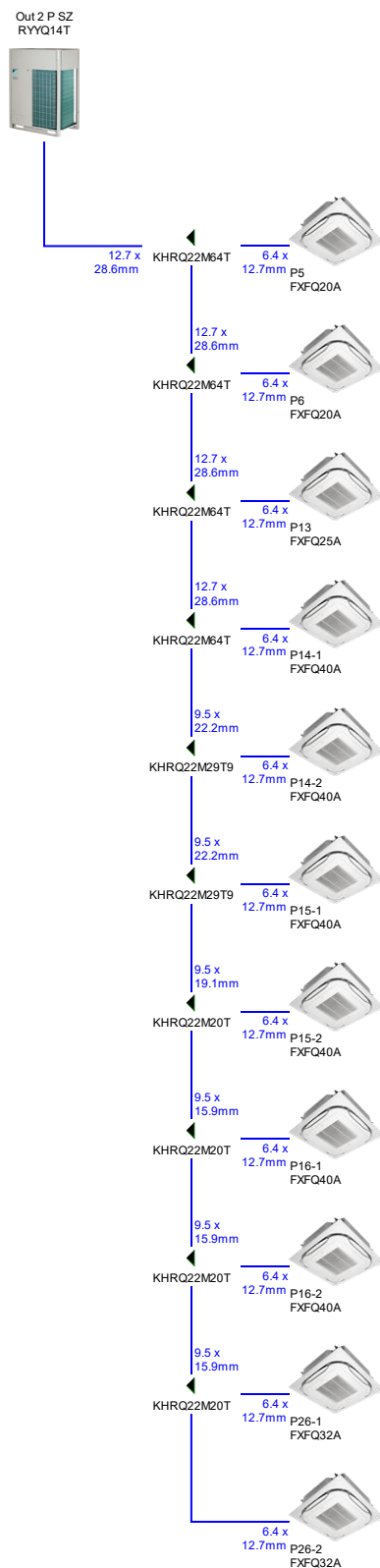
Piping diagrams

Piping Out 1 P JI





Piping Out 2 P SZ





Out 4 G
RXYSQ6T8V



9.5 x
19.1mm

KHRQ22M20T

6.4 x
12.7mm



G1
FXFQ32A

9.5 x
15.9mm

KHRQ22M20T

6.4 x
12.7mm



G3-1
FXFQ25A

6.4 x
12.7mm



G3-2
FXFQ25A



Indoor unit details

Out 1 P JI - REYQ14T

Name	FCU	Cooling						Heating		
		Tmp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Tevap	Max SC	Tmp H	Rq HC	Max HC
		°C (DBT/RH)	kW	kW	kW	°C	kW	°C	kW	kW
P8-1	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P8-2	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P8-3	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P1	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
P2-1	FXFQ50A	26.0/50%	n/a	5.5	n/a	6.0	3.9	20.0	n/a	6.3
P2-2	FXFQ50A	26.0/50%	n/a	5.5	n/a	6.0	3.9	20.0	n/a	6.3
P3-1	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P3-2	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P4	FXFQ25A	26.0/50%	n/a	2.7	n/a	6.0	2.0	20.0	n/a	3.2
P17	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
P18	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
P19	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
P21	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5

Out 2 P SZ - RYYQ14T

Name	FCU	Cooling						Heating		
		Tmp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Tevap	Max SC	Tmp H	Rq HC	Max HC
		°C (DBT/RH)	kW	kW	kW	°C	kW	°C	kW	kW
P5	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
P6	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
P13	FXFQ25A	26.0/50%	n/a	2.7	n/a	6.0	2.0	20.0	n/a	3.2
P14-1	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P14-2	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P15-1	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P15-2	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0



Name	FCU	Cooling						Heating		
		Tmp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Tevap	Max SC	Tmp H	Rq HC	Max HC
		°C (DBT/RH)	kW	kW	kW	°C	kW	°C	kW	kW
P16-1	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P16-2	FXFQ40A	26.0/50%	n/a	4.4	n/a	6.0	3.2	20.0	n/a	5.0
P26-1	FXFQ32A	26.0/50%	n/a	3.5	n/a	6.0	2.7	20.0	n/a	4.0
P26-2	FXFQ32A	26.0/50%	n/a	3.5	n/a	6.0	2.7	20.0	n/a	4.0

Out 3 Kat - REYQ18T

Name	FCU	Cooling						Heating		
		Tmp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Tevap	Max SC	Tmp H	Rq HC	Max HC
		°C (DBT/RH)	kW	kW	kW	°C	kW	°C	kW	kW
K14-1	FXFQ32A	26.0/50%	n/a	3.5	n/a	6.0	2.7	20.0	n/a	4.0
K14-2	FXFQ32A	26.0/50%	n/a	3.5	n/a	6.0	2.7	20.0	n/a	4.0
K14-3	FXFQ32A	26.0/50%	n/a	3.5	n/a	6.0	2.7	20.0	n/a	4.0
K14-4	FXFQ32A	26.0/50%	n/a	3.5	n/a	6.0	2.7	20.0	n/a	4.0
K1	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
K3	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
K2	FXFQ20A	26.0/50%	n/a	2.2	n/a	6.0	1.7	20.0	n/a	2.5
K8-1	FXFQ50A	26.0/50%	n/a	5.5	n/a	6.0	3.9	20.0	n/a	6.3
K8-2	FXFQ50A	26.0/50%	n/a	5.5	n/a	6.0	3.9	20.0	n/a	6.3
K15	FXFQ32A	26.0/50%	n/a	3.5	n/a	6.0	2.7	20.0	n/a	4.0
K9-1	FXFQ50A	26.0/50%	n/a	5.5	n/a	6.0	3.9	20.0	n/a	6.3
K9-2	FXFQ50A	26.0/50%	n/a	5.5	n/a	6.0	3.9	20.0	n/a	6.3

Out 4 G - RXYSQ6T8V

Name	FCU	Cooling						Heating		
		Tmp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Tevap	Max SC	Tmp H	Rq HC	Max HC
		°C (DBT/RH)	kW	kW	kW	°C	kW	°C	kW	kW
G1	FXFQ32A	26.0/50%	n/a	3.5	n/a	6.0	2.7	20.0	n/a	4.0
G3-1	FXFQ25A	26.0/50%	n/a	2.7	n/a	6.0	2.0	20.0	n/a	3.2
G3-2	FXFQ25A	26.0/50%	n/a	2.7	n/a	6.0	2.0	20.0	n/a	3.2



Outdoor unit details

Outdoor details

Name	Model	CR	Cooling			Heating			Piping
			Tmp C	CC	Rq CC	Tmp H	HC	Rq HC	
		%	°C	kW	kW	°C (DBT/RH)	kW	kW	m
Out 1 P JI	REYQ14T	121.4	35.0	41.4	31.2	-13.0/90%	28.3	28.2	7.5
Out 2 P SZ	RYYQ14T	105.0	35.0	39.8	26.8	-13.0/90%	28.1	23.1	7.5
Out 3 Kat	REYQ18T	92.5	35.0	49.3	37.8	-13.0/90%	35.2	31.6	7.5
Out 4 G	RXYSQ6T8V	58.0	35.0	15.1	5.6	-13.0/90%	10.4	9.4	7.5

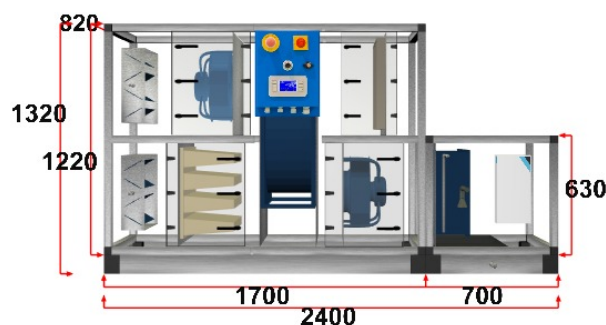
Name	Model	PS	MCA	MOP	RunAmps	St curr	WxHxD	Weight
			A	A	A	A	mm	kg
Out 1 P JI	REYQ14T	400V 3Nph	27.0	32.0	15.6		1,240 x 1,685 x 765	304.0
BS 1 kantina	BS1Q16A	230V 1ph					388 x 207 x 326	12.0
BS 2 I	BS1Q25A	230V 1ph					388 x 207 x 326	15.0
BS 3 sredina	BS1Q10A	230V 1ph					388 x 207 x 326	12.0
Out 2 P SZ	RYYQ14T	400V 3Nph	27.0	32.0	15.4		1,240 x 1,685 x 765	364.0
Out 3 Kat	REYQ18T	400V 3Nph	35.0	40.0	22.0		1,240 x 1,685 x 765	337.0
BS 4 SZ	BS1Q25A	230V 1ph					388 x 207 x 326	15.0
BS 5 SI	BS1Q16A	230V 1ph					388 x 207 x 326	12.0
BS 6 JI	BS1Q10A	230V 1ph					388 x 207 x 326	12.0
Out 4 G	RXYSQ6T8V	230V 1ph	27.0	32.0	22.2		900 x 1,345 x 320	120.0

PRILOG III

***Daikin* klima komora**



Project FOREO
Unit 01



Unit Data

Range / Series	D-AHU MODULAR_R
Model	SIZE 2
Panel • Insulation	42 mm • Foam
Model Box Ref.	Energy ThermiC° F2
Panel Inner Skin	Aluzinc 0.5 mm
Panel Outer Skin	Precoated 0.7 mm
Profile	Aluminium Anodized
AHU Base	Thermal Break
Supply Width • Height	100 mm Aluminium
Return Width • Height	820 mm • 630 mm
Length Overall	820 mm • 630 mm
Weight	2400 mm
Connection Side	407 Kg
Supply Air Flow	Right
External Pressure Drop	1831 m³/h • 0.51 m³/s
Return Air Flow	200 Pa
External Pressure Drop	1831 m³/h • 0.51 m³/s
Electrical Connection	200 Pa
Air Density	230V/1Ph/50Hz
Altitude	1.2 Kg/m³
	0 m a.s.l.
Specific fan power efficiency rating:	
SFPv (clean filters)	1621 W/(m³/s)
SFPe (medium filters)	1777 W/(m³/s)
ERP Compliant	ERP 2018



1) Damper Supply

Pressure Drop	8 Pa
Material	Aluminium
Mounting	Internal • Left
Dimensions (HxW)	410x480 mm
Torque	4 Nm

2) Filter Supply

Mounting	Slide
Air Velocity	1.75 m/s
Pressure Drop Design	Medium
Filter Class	F7 ePM1 50%
Filter Name	VariCEL VXL-E
Material	Fiber Glass
Dimensions	1x(610x508x290)
Clean Pressure Drop	44 Pa
Medium Pressure Drop	88 Pa
Dirty Pressure Drop	132 Pa

3) Recuperator Heat Wheel Supply

Part Number	RRU-P-E14-730/730-645-H3
Type	Sensible • Variable Speed
Diameter	645 mm
Dry Efficiency (Eurovent)	81.1 %
Energy Class (EN13053)	H1 • 78.84 %
Motor Consumption	0.4 kW

WINTER

Power	20.5 kW
Efficiency	81.8 %
Supply	
Flow Rate	1831 m ³ /h
Actual Pressure Drop	233 Pa
Temp. Dry Bulb Outdoor • Supply	-13 °C • 14.8 °C
Relative Humidity Outdoor • Supply	90 % • 32 %
Temp. Wet Bulb Outdoor • Supply	-13.3 °C • 7.4 °C

Return

Flow Rate	1831 m ³ /h
Actual Pressure Drop	233 Pa
Temp. Dry Bulb Extract • Exhaust	21 °C • -4.9 °C
Relative Humidity Extract • Exhaust	35 % • 95 %
Temp. Wet Bulb Extract • Exhaust	12.4 °C • -5.1 °C

SUMMER

Power	3 kW
Efficiency	81.4 %

Supply

Flow Rate	1831 m ³ /h
Actual Pressure Drop	233 Pa
Temp. Dry Bulb Outdoor • Supply	32 °C • 27.1 °C
Relative Humidity Outdoor • Supply	45 % • 60 %
Temp. Wet Bulb Outdoor • Supply	22.7 °C • 21.3 °C

Return

Flow Rate	1831 m ³ /h
Actual Pressure Drop	233 Pa
Temp. Dry Bulb Extract • Exhaust	26 °C • 30.9 °C
Relative Humidity Extract • Exhaust	55 % • 41 %
Temp. Wet Bulb Extract • Exhaust	19.6 °C • 21.1 °C

Assumed that the system effect was considered in the design.

Consult Factory for Lead Time

4) Fan Supply

Model	K3G280PR03H5
Type	EC Centrifugal Fan
Material	Composite
Quantity	1x(Single Fan)
External Static Pressure	200 Pa
Internal Static Pressure	340 Pa
Total Static Pressure	540 Pa
Dynamic Pressure	30 Pa
Flow Design	1831 m ³ /h
Rotation Speed Work • Max	2505 RPM • 2670 RPM
Efficiency (Reg327/2011)	66.9 %
Efficiency	63.9 %
Electrical Power Input	0.45 kW
Power Class • PMREF (EN13053)	P1 • 0.72 kW
SFPv Class • SFPv (EN13053)	SFP2 • 814 W/(m ³ /s)

Motor Data

Efficiency Class	IE4
Power • Nominal Current	0.5 kW • 2.3 A
Electrical Connection	1Ph-200-277V

Fan system effect is taken into account in the fan performances

5) Coil Cooling • Heating DX Supply

Geometry

Model	1025A1801052025EO101
Geometry • Rows	P22 • 1
Frame	Galvanized
Tube Material • Thickness	Copper • 0.35 mm
Fin Material • Space	Al 0.1 mm • 2.5 mm
Connections (Diam) • Type • Side	0 mm • Braised • Right
Circuit Number	1

Sensible Capacity	1.3 kW
Total Capacity[B]*	2.2 kW

Cooling Air Side

Air Flow • Velocity	1831 m ³ /h • 2.17 m/s
Temp. Dry Bulb In • Out	27.1 °C • 25 °C
Temp. Wet Bulb In • Out	21.3 °C • 20.2 °C
Relative Humidity In • Out	59.6 % • 65 %
Pressure Drop Dry • Wet	8Pa • 11 Pa

Cooling Fluid Side

Fluid	R410A
Evaporating Temperature	6 °C
Fluid Volume	0.4 dm ³
1[D]* x EKEXV63[A]*	Mounted

Heating Air Side

Max Power[C]*(based on maximum condensing unit)	4.5 kW
Temp. Dry Bulb In • Out	14.8 °C • 21.9 °C

* For VRV Xpress Input

Calculated in Wet Condition

6) Filter Return

Mounting	Slide
Air Velocity	1.75 m/s
Pressure Drop Design	Medium
Filter Class	M5 ePM10 55%
Filter Name	Ecopleat Green
Material	Synthetic
Dimensions	1x(610x508x48)
Clean Pressure Drop	48 Pa
Medium Pressure Drop	96 Pa
Dirty Pressure Drop	144 Pa

7) Fan Return

Model	K3G280PR03H5
Type	EC Centrifugal Fan
Material	Composite
Quantity	1x(Single Fan)
External Static Pressure	200 Pa
Internal Static Pressure	337 Pa
Total Static Pressure	537 Pa
Dynamic Pressure	30 Pa
Flow Design	1831 m ³ /h
Rotation Speed Work • Max	2500 RPM • 2670 RPM
Efficiency (Reg327/2011)	66.9 %

Efficiency	64 %
Electrical Power Input	0.45 kW
Power Class • PMREF (EN13053)	P1 • 0.71 kW
SFPv Class • SFPv (EN13053)	SFP2 • 807 W/(m ³ /s)

Motor Data

Efficiency Class	IE4
Power • Nominal Current	0.5 kW • 2.3 A
Electrical Connection	1Ph-200-277V

Fan system effect is taken into account in the fan performances

8) Damper Return

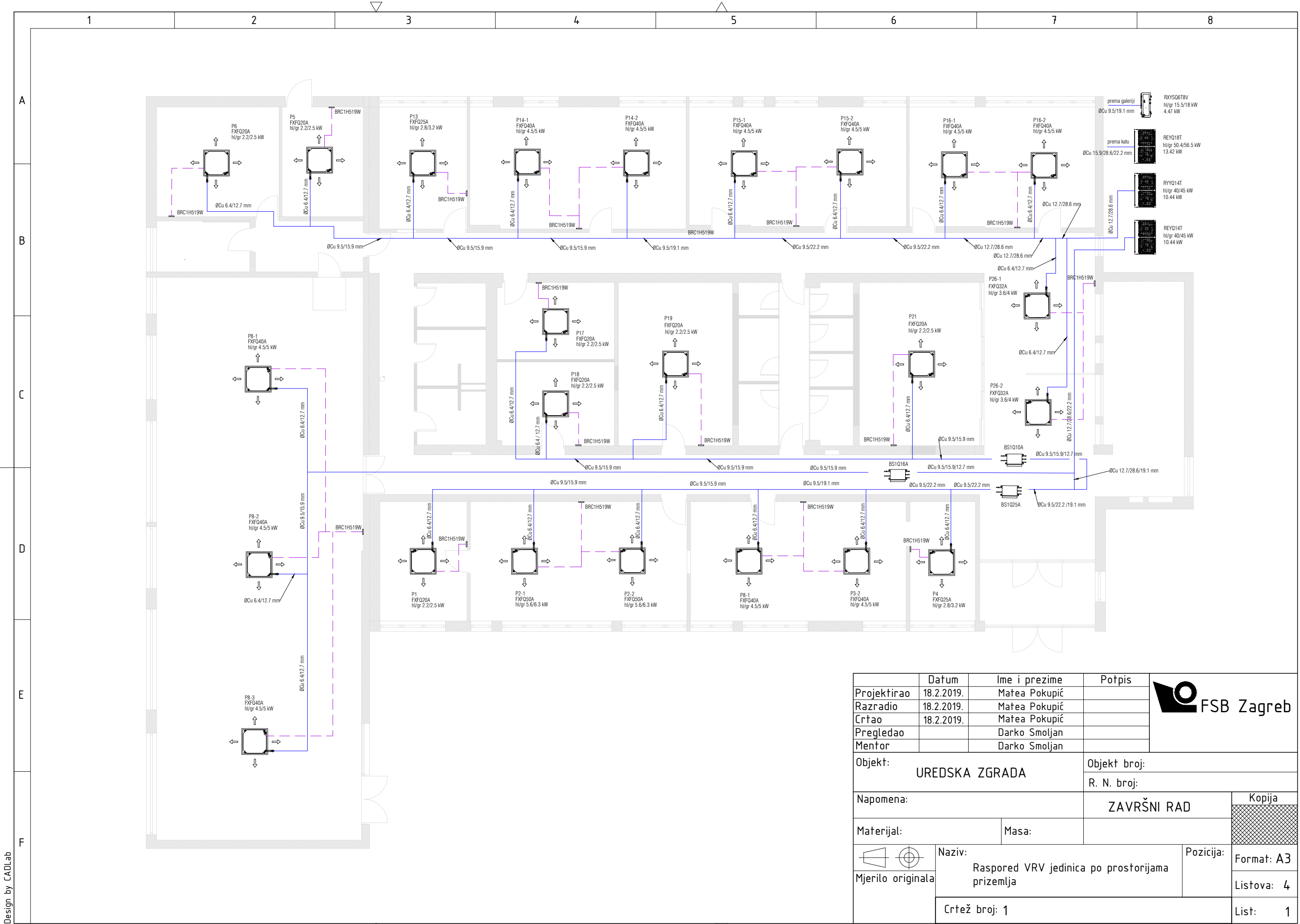
Pressure Drop	8 Pa
Material	Aluminium
Mounting	Internal • Right
Dimensions (HxW)	410x480 mm
Torque	4 Nm

Section List

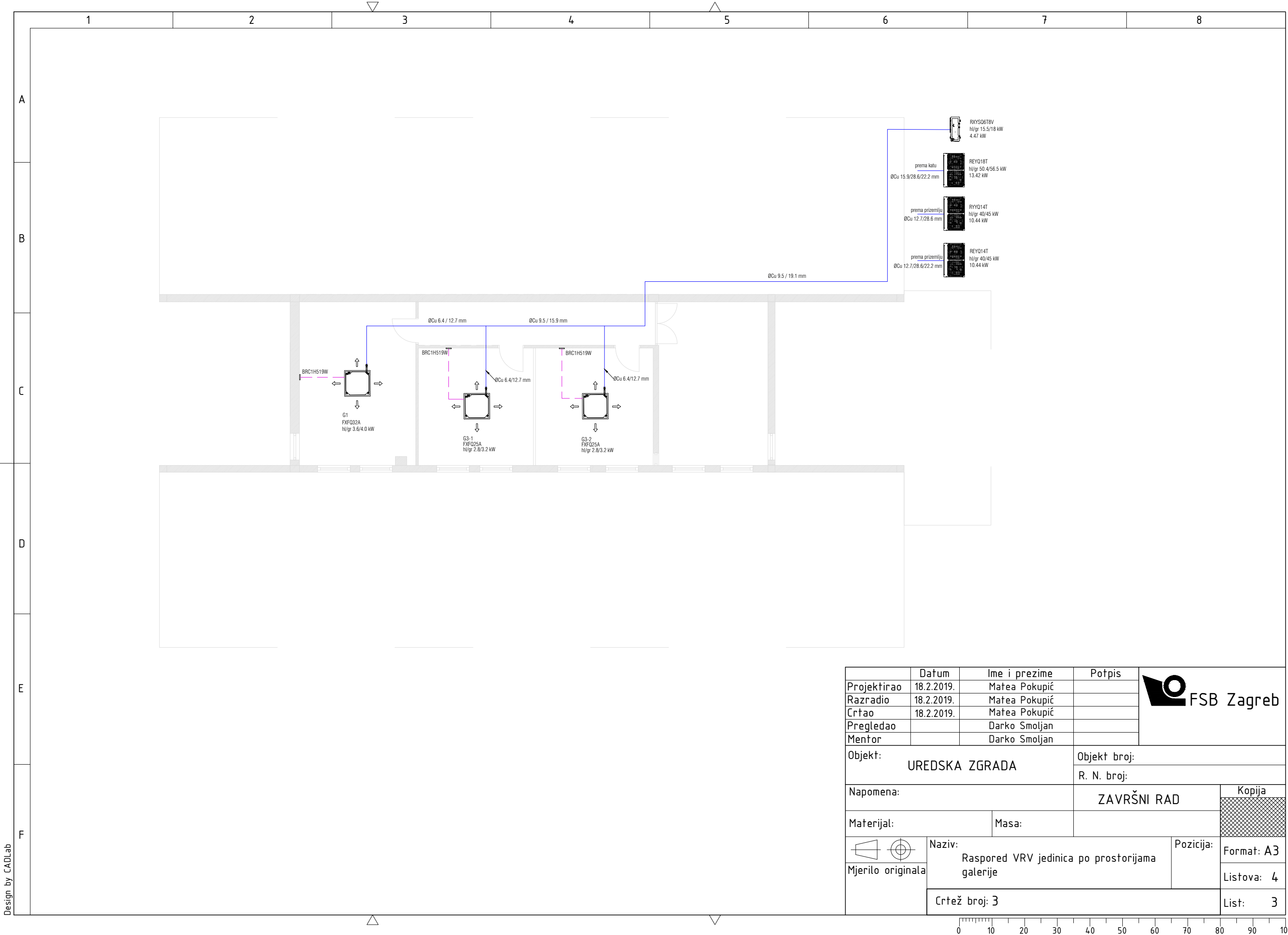
Num.	Height (mm)	Width (mm)	Length (mm)	Weight (Kg)	Transportable
1	1320	820	1700	351	Container or Truck
2	730	820	700	56	Container or Truck

PRILOG IV

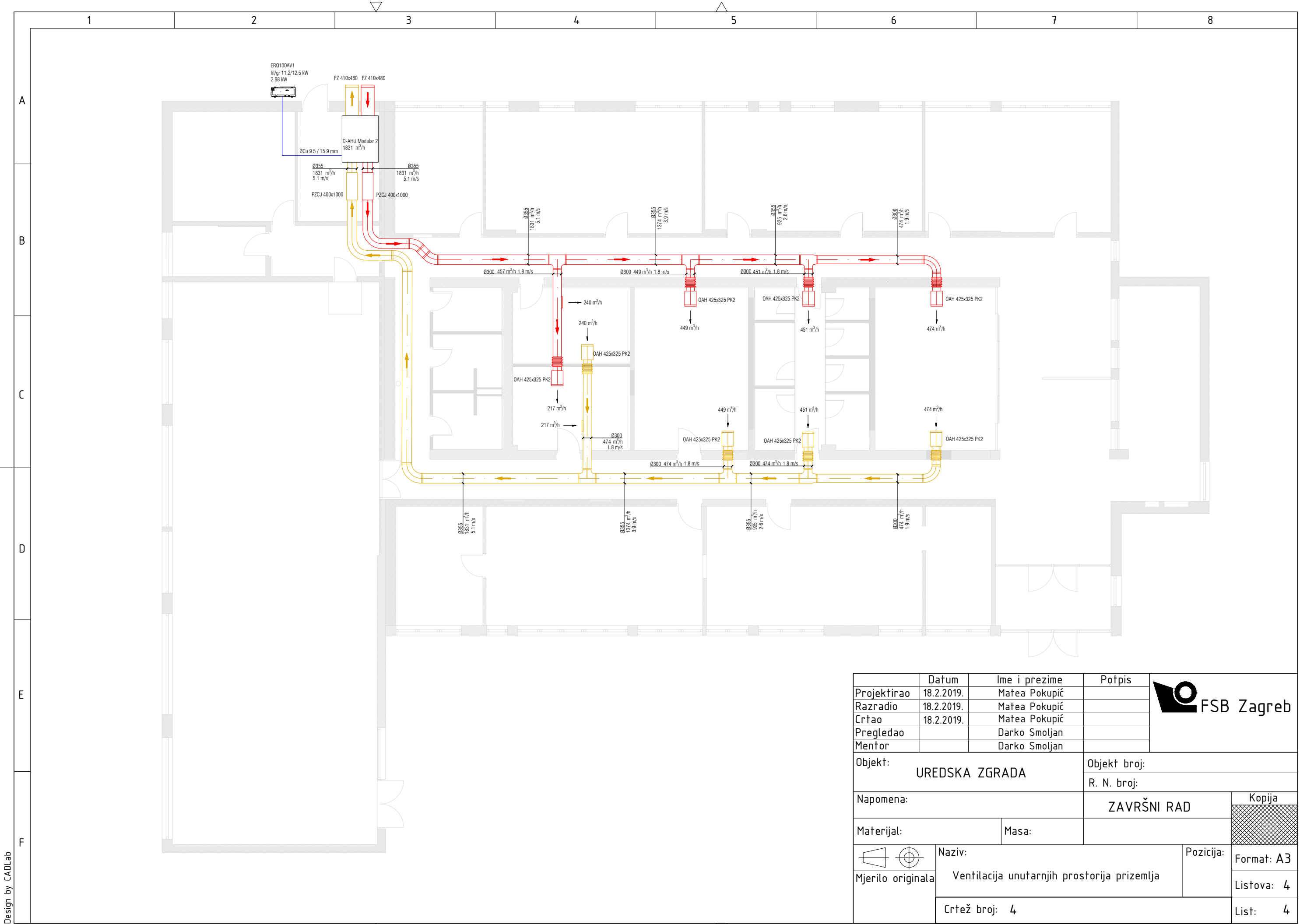
Tehnički crteži


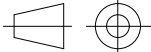


Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Razradio	18.2.2019.	Mateja Pokupić		
Crtao	18.2.2019.	Mateja Pokupić		
Pregledao		Darko Smoljan		
Mentor		Darko Smoljan		
Objekt: UREDSKA ZGRADA			Objekt broj:	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijal:			ZAVRŠNI RAD	
Masa:			Kopija	
Naziv:			Format: A3	
Raspored VRV jedinica po prostorijama prizemlja			Listova: 4	
Crtež broj: 1			List: 1	



	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	18.2.2019.	Matea Pokupić		
Razradio	18.2.2019.	Matea Pokupić		
Crtao	18.2.2019.	Matea Pokupić		
Pregledao		Darko Smoljan		
Mentor		Darko Smoljan		
Objekt: UREDSKA ZGRADA			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:			ZAVRŠNI RAD	Kopija
				
Materijal:		Masa:		
 Mjerilo originala	Naziv:		Pozicija:	Format: A3
	Raspored VRV jedinica po prostorijama galerije			Listova: 4
	Crtež broj: 3			List: 3



	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	18.2.2019.	Matea Pokupić		
Razradio	18.2.2019.	Matea Pokupić		
Crtao	18.2.2019.	Matea Pokupić		
Pregledao		Darko Smoljan		
Mentor		Darko Smoljan		
Objekt: UREDSKA ZGRADA			Objekt broj:	
			R. N. broj:	
Napomena:			ZAVRŠNI RAD	Kopija
Materijal:		Masa:		
 Mjerilo originala	Naziv:		Pozicija:	Format: A3
	Ventilacija unutarnjih prostorija prizemlja			Listova: 4
	Crtež broj: 4			List: 4

